PODRĘCZNIK
PERSPEKTYWY MALARSKIÉJ

dla użytku

ARTYSTÓW I TECHNIKÓW

JAKOTEŻ DO NAUKI WŁASNÉJ

przez

Jana Rottera

profesora w c. k. Akademii przemysłowo-technicznéj i docenta perspektywy w c. k. szkole sztuk pięknych w Krakowie.

CZĘŚĆ PIERWSZA

PERSPEKTYWA LINIJNA

Atlas, zawierający 47 tablic, w oddzielnéj mapie.

KRAKÓW
NAKŁADEM AUTORA
1885.

DRUKIEM J. A. PELARA (H. CZERNEGO) W RZESZOWIE.

MISTRZOWI

JANOWI MATEJCE

W GŁĘBOKIÉJ CZCI

AUTOR.

PRZEDMOWA.

Brak stosownego dla uczniów szkoły sztuk pięknych podręcznika*) i trudności połączone z posługiwaniem się dziełami obcéj literatury są główną przyczyną ukazania się niniejszéj pracy. Jakkolwiek oparta na całym szeregu dawniejszych i nowszych autorów, jakkolwiek systemem, ściśle z naturą rzeczy związanym, tu i owdzie publikacye innych przypominająca, różni się jednak w wielu miejscach samodzielnością zapatrywań na zasadnicze częstokroć sprawy, jakoteż oryginalnie w większéj części obmyślanymi figurami. W wykładzie uderzy zapewne drobiazgowa szczegółowość w objaśnianiu figur i powtarzanie się w tłómaczeniu na różnych miejscach; nużące to może dla ukończonych realistów, lecz pożądane dla przeważnéj liczby uczniów szkoły sztuk pięknych, od których statut organizacyjny wymaga niższéj szkoły realnéj lub niższego gimnazyum, niemniéj i dla tych, którym podręcznik ten ma zastąpić wykład żywy.

Z wyczerpującém tłómaczeniem szło i szczegółowe wykonanie figur w parze, pomimo że efekt artystyczny przy pomijaniu konstrukcyjnych linij bez porównania byłby korzystniejszym. Jakkolwiek jednak efekt ten, mając cel książki na oku, usunięto na plan drugi, nie idzie za tém, żeby figury w z a ł o ż e n i u nie odpowiadały warunkom artystycznym rysunku perspektywicznego z wyjątkiem miejsc, gdzie przemawiały przeciw temu względy dydaktyczne.

---

*) Wyszło wprawdzie w języku polskim kilka prac w téj materyi, jak Piwarskiego, Podczaszyńskiego, Daszyńskiego, Cuny'ego, Łuszczkiewicza, Maszkowskiego, Łazarskiego i Rembacza, a jakkolwiek niektórym z nich przyznać należy wartość naukową, mimo to jednak potrzebom artystów one nie zaradziły.

W myśl Leonarda da Vinci*) opierają się wszystkie konstrukcye na ścisłych, ale przystępnych wywodach teoretycznych. Podstawą tych kreśleń jest prawie wyłącznie rysunek geometryczny dotyczących przedmiotów. Wiedząc z doświadczenia, że nawet nieobznajomiony z geometryą wykreślną rychło ze sposobem tym się oswoi i znaczenie widoków geometrycznych zrozumie, to pominąwszy nawet wyższość poglądowości téj nad opis, nie wolno zapominać o korzyściach z wprawy w rysunku, który się liczy z kształtem i rozmiarami danego przedmiotu. Przypominamy tylko łatwość, z jaką przechodzi się następnie do bezpośredniego szkicowania w perspektywie przy układaniu kompozycyi, a trudność w szczegółowém jéj wykończeniu, jeżeli rysunku geometrycznego nie ma, który i w nauce o stylach tak niezbędnie jest potrzebny.

Obok ścisłych konstrukcyj geometrycznych, zapewniających poprawność rysunku ze stanowiska teoretycznego, liczono się także z momentami artystycznymi (patrz wyżéj), przez które dopiero rysunek, teoretycznie poprawnie wykreślony, staje się dziełem sztuki. Rozpatrywanie ich szczegółowe i zastosowanie pociągnęło za sobą niejednokrotnie znaczne utrudnienie nawet w łatwych w zasadzie konstrukcyach, gdyż z uwagi na ograniczoną płaszczyznę obrazu, jaką malarz rozporządza, płaszczyznę, której szczupłość potrzebnych do wykonania rysunku punktów i linij pomocniczych nie obejmuje, ulegały konstrukcye takim modyfikacyom, że każda z figur wypadła całkowicie w obrębie ram obrazu**). Wypływa z tego, że nabycie perspektywicznych wiadomości w tym rozmiarze, ażeby i w niekorzystniejszych warunkach znajdujący się artysta mógł nasuwające się trudności pokonać, nie jest znowu rzeczą tak łatwą, ażeby jedna lub kilka lekcyj przedmiotowi temu poświęconych wystarczało, jakkolwiek niemała część autorów przeciwnego jest zdania. Liczne jednak pisma tego rodzaju nie uwzględniają szczupłości miejsca, którém malarz rozporządza i pomijając momenta artystyczne przedmiotu do tego stopnia, że otrzymane rysunki perspektywiczne, jakkolwiek teoretycznie poprawne, ze stanowiska sztuki nawet

---

*) Traktat o malarstwie 1651 (po polsku Wojciech Gerson, Warszawa 1876) str. 5 rozdz. 1: »Oddający się malarstwu powinien przedewszystkiém nauczyć się perspektywy, ażeby umiał każdemu przedmiotowi nadać wymiar stosowny;« str. 6 rozdz. 7: »Ucz się najprzód teoryi a potem przechodź do praktyki;« str. 9 rozdz. 23: »Ci którzy lubią pracować bez naukowéj znajomości sztuki, są jak marynarze w okręcie bez steru i busoli, nie wiedzący dokąd dopłyną. Podwalinę praktyki stanowi dobra teorya, w malarstwie przewodnikiem i wrotami do niéj perspektywa, bez któréj tu doskonałości nie ma.«

**) Wielka część — cennych nawet — niemieckich, francuskich i angielskich podręczników z warunkiem tym częstokroć się rozmija.

pobłażliwéj krytyki nie wytrzymują, dochodzą w końcu do twierdzenia, że w tym właśnie wypadku ściśle zastosowana teorya zadowalającego wyniku nie daje, że należy zatem z nią się rozminąć i zgodzić na swobody artystyczne. Zapatrywanie takie komentarza nie potrzebuje, bo przecież tylko harmonia teoretycznych i artystycznych warunków stwarza arcydzieła, a sprzeczności między nauką a sztuką są pozorne.

Zawarte w niektórych ustępach (oddanych pismem wsuniętém) sprawy doniosłości czysto teoretycznéj, bez których artysta ostatecznie obejść się może, pożądane będą architektom, a więc ukończonym politechnikom jakoteż wolniejszym chwilom artystów, którzy na nauce szkolnéj nie poprzestają. Dodatek notat historycznych, odnoszących się do poszczególnych konstrukcyj, każdego zapewne zajmie.

Spełniam w końcu miły obowiązek składając wyrazy głębokiéj wdzięczności Mistrzowi Janowi Matejce, który życzliwą zachętą podjęcie niniejszéj pracy przyspieszył i z poświęceniem drogiego czasu swego cennych i obfitych wskazówek niejednokrotnie dostarczyć mi raczył.

Nadto niech mi będzie wolno podnieść uprzejmość chlubnie znanego mecenasa sztuki Wgo L. Wrotnowskiego, Wice-Prezesa Towarzystwa zachęty sztuk pięknych w Król. Polskiém, za którego głównem przyczynieniem się otrzymałem z funduszów Towarzystwa bezprocentową zaliczkę w kwocie rubli 300. Pomoc ta umożebniła rychłe wydanie niniejszego dzieła, pokrywając trzecią część niemal kosztów całego nakładu.

Figury ludzkie w niektórych tablicach rysowali uczniowie szkoły sztuk pięknych, a mianowicie na tabl. 27, 28, 45, 46 p. Dyrdoń, na tabl. 29 p. Wawrzeniecki, a na tabl. 47 p. Bernhard. Panom tym uprzejmie dziękuję.

Przy ułożeniu niniejszéj pracy korzystałem z dzieł następujących:

Z polskich: Maszkowski, Łuszczkiewicz, Podczaszyński, Cuny, Łazarski i Rembacz i w tłómaczeniu Gersona mistrz włoski Leonardo da Vinci (1651.)

Z niemieckich: Schreiber, Tilscher, Seeberger, Heine, Hönig, Stampfl, Schön, Peschka i Koutny, Niemann, Dietzel, Berger, Klette i tłómaczenie z francuskiego Thibaulta z autorów nowszych, z dawniejszych zaś Heineken (1727) i w tłómaczeniu z łacińskiego Pozzo (1709).

Z francuskich: Adhémar, Cassagne, Péquégnot, Sutter, Moreau z autorów nowszych, z dawniejszych zaś Marolois (1614) i Frisius (1615).

Z angielskich: Fielding, Green, Wood.

Przy układaniu notat historycznych korzystałem z dzieła Poudry: „Histoire de la Perspective." Co do słownictwa technicznego opierałem się przeważnie na „Słowniku wyrazów technicznych" Żebrawskiego, wydanego nakładem Akademii Umiejętności w Krakowie jakoteż częściowo na Łuszczkiewicza „Nauce o stylach." W sprawach budowniczo-technicznych radziłem się Wanderleya: „Die Construction in Stein."

W Krakowie w październiku 1884.

Autor.

DZIAŁ PIERWSZY.

PERSPEKTYWA PROSTA.

Rozdział pierwszy.

Sprawy teoretyczne i zastosowania ich ogólne. Przykłady w płaszczyźnie.

I.

Pojęcia zasadnicze.

§. 1. Pojęcie i podział perspektywy. Ten sam przedmiot widomy przedstawia się patrzącemu nań oku w rozmaitych formach, zmieniających się ze zmianą zajętych przezeń stanowisk. Jeżeli patrzący sporządzi z pewnego stanowiska rysunek, który sprawia na widzu takie wrażenie jak przedmiot sam z owego stanowiska obserwowany, to rysunek taki nazywamy rysunkiem perspektywicznym lub krócéj perspektywą danego przedmiotu*).

Rysunków takich przedstawiających ten sam przedmiot, a między sobą różnych można zatem sporządzić tyle, ile rozmaitych stanowisk obserwator w ogóle zająć zdoła, t. j. nieskończenie wiele.

Naukę, która podaje umiejętnie uzasadnione sposoby sporządzania rysunków perspektywicznych pewnego przedmiotu, nazywamy perspektywą, a mianowicie perspektywą linijną, jeżeli się rozchodzi wyłącznie o oddanie konturów przedmiotu, jego charakterystycznych krawędzi i wierzchołków; — perspektywą powietrzną zaś, jeżeli uwzględniamy zarazem i stopień oświetlenia poszczególnych części przedmiotu.

§. 2. Promień i kąt widzenia. Oko na przedmiot patrzące widzi pewien punkt tegoż w kierunku linii prostéj, która łączy ten punkt z okiem. Linią taką zowiemy promieniem widzenia. Oko będące w O (fig. 1) widzi punkt J przedmiotu w kierunku promienia widzenia OJ.

*) Wyrażenie utarte, jakoby »perspektywa miała przedstawiać przedmioty na rysunku tak, jak się z pewnego stanowiska wydają« jakkolwiek przez niektórych autorów używane i na pierwszy rzut oka wątpliwości nie nasuwające, nie jest mimo to ściśle. Na tém miejscu zwracamy na to tylko mimochodem uwagę, nie wdając się na razie w krytyczny tegoż rozbiór. Bliższe szczegóły podają §§. 161 i 179. (Obacz wyborną książkę: Tilscher »System der technisch-malerischen Perspective« Prag 1867 str. 267—270).

Jeżeli sobie przedstawimy promienie widzenia *OF* i *OG* dążące od oka do skrajnych punktów przedmiotu, to zamkną one między sobą kąt *FOG*, który zowiemy kątem widzenia przedmiotu *FG* dla oka zajmującego stanowisko *O*.

Jeżeli teraz linie proste *LM, NP, RS* (fig. 2) wyobrażają nam przedmioty pionowo stojące, jednakowéj wielkości, lecz w różnych od oka odległościach, to przedmioty te przedstawiają się oku pod różnymi kątami widzenia, a mianowicie przedmiot *LM* pod kątem *LOM* największym ze wszystkich, przedmiot *NP* pod mniejszym już kątem *NOP*, a *RS* pod kątem najmniejszym *ROS*. Łatwo wysnuć z tego wniosek, że w miarę oddalania się przedmiotu od oka maleje kąt widzenia, rośnie zaś w miarę zbliżania się jego.

Tak samo ma się rzecz i z pozorną wielkością przedmiotów. Im bliżéj oka, tém się wydają większe, mniejsze zaś, im daléj. Pozorna wielkość przedmiotów z pewnego stanowiska obserwowanych zostaje zatem w ścisłym związku z kątem widzenia, pod jakim te przedmioty z owego stanowiska widzimy. Że zaś rysunek perspektywiczny przedmiotu, z pewnego miejsca sporządzony, wywrzeć ma na oku takie wrażenie, jak przedmiot stamtąd obserwowany sam, przeto kąt widzenia właśnie główną w rysunku perspektywicznym odgrywa rolę.

W wykreśleniu tedy kilku przedmiotów należy je, bez względu na ich rzeczywistą wielkość, przedstawić tak, aby się większym wydawał ten, któremu większy kąt widzenia przypada, tak jak z drugiéj strony mają się przedmioty choćby bardzo nierówne wymiarami wydać jednako wielkie, jeżeli je tylko pod równymi kątami widzimy.

Jeżeli przedmioty różnéj wielkości *AB, CD, EF* (fig. 3) oko w *O* widzi pod tym samym kątem widzenia *BOA*, to należy im w rysunku nadać jednakowe wymiary; przedmiot *GH* jednak, równy co do rzeczywistéj wielkości przedmiotowi *CD* a znacznie mniejszy od *EF*, przedstawia się pod większym kątem *GOH*, w rysunku przeto perspektywicznym musi otrzymać wymiary większe.

Na zmiejszaniu się kąta widzenia polegają także tak zwane perspektywiczne skracania. Jako przykład posłużyć może strzała (fig. 4) w położeniu pionowém. Jeżeli *M* jest punktem połowiącym jéj długość *AB*, to oko zobaczy z punktu *O* ($OM \perp AB$) cały przedmiot pod kątem *AOB* a połówki jego pod jednakowymi kątami *AOM* i *MOB*.

Obrócony około punktu *M* przedmiot w położenie *CD* widzi będące w *O* oko pod kątem *COD*, mniejszym od *AOB*. W rysunku trzebaby teraz nadać temu przedmiotowi mniejszy rozmiar niż poprzednio a obie połowy *DM* i *MC*, które przedtem miały w rysunku wymiary jednakowe, otrzymają wymiary różne, a mianowicie *MD* większy a *MC* mniejszy, stosownie

do kątów widzenia *MOD* i *MOC*, pod jakimi oko *O* te połówki widzi.

§. 3. Sporządzenie rysunku perspektywicznego sposobem mechanicznym. Na pozioméj czworobocznéj deszczułce (fig. 5) mieści się między słupkami pionowymi płyta szklanna, zastępująca płaszczyznę rysunkową, którą w ogóle zowiemy płaszczyzną obrazu czyli tłem.

Na ustawiony na deszczułce przedmiot, którego perspektywa ma być wykreślona, spogląda oko przeznaczonym na to otworkiem, poczém pędzlem lub rysikiem ze stosownego materyału rysuje się kontury przedmiotu, jak się na przeźroczystém szkle przedstawiają. Wprost teraz przekonać się można, że pozorne kontury przedmiotu obserwowanego z zajętego przez oko miejsca i kontury rysunku na szkle zupełnie się zakrywają, że zatem — pomijając oświetlenie i barwę przedmiotu — rysunek linijny na szkle wywrze na oku, w owém miejscu będącém, zupełnie takie wrażenie jak sam przedmiot. Gdybyśmy jeszcze nadać zdołali poszczególnym punktom rysunku ocienienie i barwę w stosownéj sile, — złudzenie byłoby tém większe a rysunek taki sprawiłby i po usunięciu przedmiotu na oku takie samo jak przedmiot wrażenie.

Rozumie się jednak samo przez się, że ten rysunek linijny wywrzeć może podobne wrażenie tylko na oku patrzącém z tego miejsca, w którém znajdowało się ono podczas rysowania konturów przedmiotu na szkle; dla oka zaś w innym punkcie nie będą się kontury przedmiotu i rysunku zakrywały, ale przedstawią się oddzielnie. Z tego drugiego stanowiska rysunek linijny już na oku tego wrażenia co przedmiot nie wywrze, lecz inny rysunek linijny, w podobny sposób jak pierwszy wykonany.

Według definicyi zawartéj w §. 1 rysunek ten jest rysunkiem perspektywicznym danego przedmiotu, który sposobem mechanicznym otrzymano. Pomijając efekt barw, można sposób uzyskania tego rysunku linijnéj perspektywy tak określić:

Do każdego punktu przedmiotu dąży z oka promień widzenia, a w miejscu, w którém tenże tło przecina, rysuje się perspektywiczny obraz owego punktu. Koniec pędzla lub rysika, przechodząc kolejno przez wszystkie te miejsca, znaczy na tle nieprzerwane pasmo punktów i tworzy linie, które stanowią razem perspektywę linijną danego przedmiotu.

Z przytoczonego twierdzenia wynika pewnik: „Punkt dany, jego perspektywa i oko *O* leżą na téj saméj linii prostéj.”

Zasada powyższa zawiera w sobie już ogólne prawidła wykreślania perspektywy pewnego przedmiotu sposobem nie mechanicznym lecz konstrukcyjnym. Mianowicie widać z niéj, że trzeba mieć wprzód jasne wyobrażenie o przedmiocie, a to albo mając go samego przed sobą albo w rysunku geometrycznym ale we wszystkich szczegółach. Należy następnie przy dowolnéj na razie pozycyi oka umieścić tło (płaszczyznę rysunkową mianowicie papiér, płótno itd.) zawsze pionowo pomiędzy niém a przedmiotem i za pomocą zasad naukowych, na których nauka perspektywy polega, wynaleść punkty przecięcia tła przez poszczególne promienie widzenia, dążące od oka do różnych punktów przedmiotu. Otrzymane w ten sposób perspektywy punktów łączy się liniami, które razem utworzą perspektywę linijną przedmiotu.

Uwaga. Zaznaczyć tu jeszcze raz na zawsze wypada, że oko uważać będziemy jako położone przed tłem, o przedmiocie tedy znajdującym się po drugiéj stronie tła mówić będziemy, że leży za tłem.

§. 4. Punkt i linia prosta na tle położone. Jeżeli czworobok T (fig. 6) przedstawia płaszczyznę pionową czyli tło a L ukośną do tła linią przecinającą je w punkcie d, i jeżeli w O znajduje się oko, zachodzi pytanie, jak wyznaczyć perspektywę téj prostéj L.

Że perspektywa linii prostéj znowu może być tylko linią prostą*), nie potrzeba dowodu, a ponieważ wyznaczenie linii prostéj wymaga dwu punktów, przeto perspektywę prostéj L uzyskamy szukając perspektyw dwóch jéj punktów np. punktów A i B.

Przyjmując na razie, że promienie widzenia OA i OB przetną tło w a i b, otrzymamy linią l łączącą a i b jako perspektywę prostéj L. I perspektywa c trzeciego jakiegoś punktu C téjże prostéj musi naturalnie mieścic się na przedłużeniu linii l.

Jeżeli odcinki AB i BC prostéj L są sobie równe, to spostrzegamy z rysunku, że perspektywy tych odcinków ab i bc są nierówne, a mianowicie ab większe niż bc. Dla czego?

Z rysunku bezpośrednio widać, że którykolwiekbądź punkt prostéj L n. p. B i jego perspektywa b zajmują różne miejsca, a to B za tłem, b zaś, jak perspektywy wszystkich innych punktów, na tle.

Z pomiędzy wszystkich punktów prostéj L odznacza się punkt d tém, że jako punkt przecięcia się prostéj z tłem leży zarazem i na prostéj i na tle. Przy wyznaczaniu jego perspektywy kreśli się promień widzenia Od i dochodzi szukając przecięcia się tegoż z tłem do przekonania, że on, t. j. promień

*) oczywiście na tle, które jest płaszczyzną.

Od tło tylko w samym punkcie *d* przeciąć może. Punkt *d* jest zatem perspektywą punktu *d*, czyli, jak się wyrażamy, punkt *d* jest swoją własną perspektywą, zajmuje przeto w skutek tego wyjątkowego położenia na tle wraz ze swą perspektywą jedno i to samo miejsce, czego o żadnym innym punkcie owéj prostéj powiedzieć nie można.

Z powyższego wynika zatém ważne bardzo w perspektywie twierdzenie: Każdy punkt na tle położony jest swoją własną perspektywą.

Łącząc jakiś punkt (*x*) na tle położony z innym (*y*) również się na niém znajdującym, możemy o prostéj *xy* podobnież powiedzieć, że jest swoją własną perspektywą; ważne przeto jest także twierdzenie z powyższego wprost wypływające: Każda linia prosta na tle położona jest swoją własną perspektywą.

§. 5. Perspektywa linii prostéj. Ślad tłowy, punkt i promień zbiegu. Jeżeli we fig. 7 przedstawia *T* tło, *L* linią prostą przecinającą tło w punkcie *d*, — chodzi o wyznaczenie perspektywy téj prostéj.

W tym celu wyszukuje się w myśl §. 4 perspektywy dwóch punktów prostéj. Punkt *d*, który według powołanego §. jest swą własną perspektywą, można już jako perspektywę jednego punktu (punktu *d*) danéj linii uważać. Ten punkt *d*, w którym linia *L* tło *T* przecina, nazwiemy śladem tłowym prostéj *L* znakując go symbolem l_t.

Jeżeli *a* jest perspektywą drugiego punktu *A*, to linia $l_t a$ jest perspektywą prostéj *L*.

Obierając w *L* inne punkty *B*, *C*.., znajdziemy odpowiednie promienie widzenia *OB*, *OC*.. a w punktach *b*, *c*... t. j. punktach przecięcia się tychże z przedłużeniem linii $l_t a$, perspektywy dalszych punktów prostéj. (§. 4).

Z rysunku wprost widać, że im więcéj pewien punkt prostéj *L* oddala się od tła, tém bardziéj oddala się i perspektywa tegoż na *l* od l_t. Tak punkt *c* jest perspektywą punktu *C* leżącego na *L* w tak znacznéj odległości, że dopiero w przedłużeniu linii *L* ukaże się na rysunku, — punkt *g* perspektywą punktu *G* jeszcze daléj na *L* położonego i t. d.

Nasuwa się teraz pytanie, czyby nie można przedstawić na *l* perspektywy punktu znajdującego się na *L* w odległości bardzo (nieskończenie) wielkiéj?

Szukając perspektywy punktu w ogóle, kreśli się według §. 3 promień widzenia, który łączy ten punkt z okiem. Miejsce gdzie promień ten przetnie linią *l* jest perspektywą tego punktu. Wykreślony z *O* do tego nieskończenie oddalonego punktu linii *L* promień widzenia musi być oczywiście prostą do *L* równoległą. Prosta ta przecina tło w punkcie oznaczonym

przez l_z, t. j. w punkcie, który jest perspektywą owego nieskończenie oddalonego punktu linii prostéj *L*. Ten punkt l_z, (który jak perspektywy wszystkich punktów prostéj *L* położony jest na tle) zowiemy punktem zbiegu*).

Punkt zbiegu jest drugim punktem, który się w celu wykreślenia perspektywy linii prostéj obok śladu tłowego l_t wyznacza. Otrzymujemy zatem punkt zbiegu l_z danéj prostéj *L* kreśląc z oka *O* promień widzenia równoległy do linii *L* i szukając punktu przecięcia się tegoż promienia z tłem. Ten punkt przecięcia jest właśnie punktem zbiegu a promień widzenia Ol_z do niego dążący zowie się promieniem zbiegu.**)

Rozwiązano tedy zadanie wykreślenia perspektywy *l* linii danéj *L* przez wyznaczenie dwóch punktów téj perspektywy, mianowicie śladu tłowego l_t i punktu zbiegu l_z.

§. 6. Oznaczenie kierunku i położenia prostéj w przestrzeni z danych na tle punktów l_t i l_z i znanego położenia oka***). Z definicyi śladu tłowego (§. 5) wynika wprost, że linia *L* (fig. 8) odpowiadająca perspektywie *l* przechodzić musi przez punkt l_t, z §. 3 zaś, że prosta ta leży po przeciwnéj oku stronie tła (za tłem), wychodzi więc z l_t zostając w przestrzeni po prawéj stronie płaszczyzny obrazu. Z pojęcia promienia zbiegu Ol_z (§. 5) wypływa, że prosta *L* jest do promienia zbiegu równoległą.

Prosta *L* wychodzi zatem z l_t, jest równoległą do Ol_z i leży za tłem. Jedyna tylko linia *L* na rysunku (fig. 8) czyni tym warunkom zadość.

Gdyby n. p. jeszcze w *b* przedstawiała się perspektywa pewnego punktu prostéj *L*, którego położenie w przestrzeni mamy wyznaczyć, to wiemy z §. 3, że punkt ten *B* i jego perspektywa *b* leżą na promieniu widzenia *ObB*, że przeto *B* może być tylko w przecięciu się tego promienia z prostą *L*.

Ze streszczenia właśnie co przerobionego zadania wypływa ważne na każdy wypadek twierdzenie: Prosta *L*, któréj perspektywa *l* daną jest przez punkty l_t i l_z, wychodzi z l_t, jest równoległą do Ol_z i leży za tłem.

§. 7. Linie proste równoległe. Przyjmując we fig. 9 dwie linie proste *L* i *M* jako dowolnie względem tła położone ale między sobą równoległe, a przecinające tło w śladach tło-

---

*) Dla czego, o tém późniéj (w §. 7).

**) *Uwaga.* Podręcznik niniejszy zamierza kształcącym się na artystów ułatwić wykonywanie rysunku perspektywicznego z dokładną znajomością rzeczy a z wykluczeniem wszelkiego mechanizmu, zajmuje się przeto nieraz kwestyami pozornie czysto teoretycznymi, których praktyczna doniosłość jednak niejednokrotnie się okaże.

***) Zadanie to jest odwróceniem zagadnienia, które rozpatrywano w §. 5.

wych l_t i m_t, chcemy wyznaczyć perspektywy tych dwóch prostych.

W myśl §. 5 potrzeba do tego śladów tłowych i punktów zbiegu obu prostych.

Ślady tłowe są dane; punktu zbiegu dla linii *L* szukamy zaś (§. 5) kreśląc z *O* promień zbiegu *p* równolegle do *L* i wyznaczając przecięcie się jego (l_z) z tłem. Prosta l_t l_z jest perspektywą *l* prostéj *L*.

Dla wyszukania punktu zbiegu prostéj *M* kreśli się w podobny sposób z *O* promień równoległy do *M*, — będzie to oczywiście ta sama linia *p*, co przedtem, a więc i punkt przecięcia się jéj z tłem, t j. punkt zbiegu m_z będzie leżał w tém samém miejscu co l_z. Perspektywa prostéj *M* jest przeto linia *m* wyznaczona punktami m_t i m_z.

Gdyby jeszcze trzecia prosta *N*, do tamtych dwu równoległa, o śladzie tłowym n_t istniała, to jéj perspektywa będzie n_t n_z, przyczém n_z w tém samém leży miejscu co l_z i m_z. Tu także zejdą się punkty zbiegu *wszystkich* do *L, M, N* równoległych prostych.

Z tego wypływa: „Perspektywy wszystkich prostych między sobą równoległych zbiegają się w jednym punkcie i z téj przyczyny nazywa się on punktem zbiegu a promień widzenia do tegoż punktu dążący promieniem zbiegu" — a z tego wniosku wysnuwa się kardynalne w nauce perspektywy twierdzenie że: „Perspektywy prostych między sobą równoległych mają wspólny punkt zbiegu."

Pyt. Gdzie są we fig. 9 perspektywy punktów *B, C, D,* obranych na prostych *L, M, N?*

II.

Układ punktów, linij i płaszczyzn perspektywy.

§. 8. Pojęcia i definicye. Płaszczyzna pionowa *T* (fig. 10) jest płaszczyzną obrazu czyli tłem. *P* płaszczyzna pozioma nachylona do tła pod kątem prostym jest płaszczyzną podstawową czyli podstawą; obie przecinają się w linii prostéj *PP* zwanéj linią podstawową.

W pewném oddaleniu od tła znajduje się oko *O*.

Linia z oka *O* prostopadle do tła idąca zowie się głównym promieniem widzenia*); przecina ona tło w punkcie *A*, który nazywamy punktem oka; długość *AO* przedstawiającą odległość oka od tła, zowiemy odstępem oka.

Linia z oka *O* prostopadle do podstawy idąca przecina ją w punkcie *S*, który nazywamy stanowiskiem; długość

*) Dla czego, o tém późniéj (§. 84).

OS przedstawiającą odległość oka od podstawy, zowiemy wysokością oka.

Płaszczyznę *H* przez linią *OA* równolegle do podstawy *P* przesuniętą (a więc poziomą), zowiemy płaszczyzną horyzontu, linią zaś *HH*, w któréj się ta płaszczyzna z tłem przecina, horyzontem. Horyzont *HH* jest przeto linią równoległą do *PP*, położoną od niéj w odległości równającéj się wysokości oka*).

Płaszczyznę *V*, przesuniętą przez proste *OA* i *OS*, a więc prostopadłą i do tła i do podstawy, nazywamy płaszczyzną pionu, a linią *VV*, w któréj się płaszczyzna ta z tłem przecina, pionem.

HH i *VV* przecinają się zatem w punkcie oka *A* pod kątem prostym.

Jeżeli z punktu *A*, jako środka, zatoczymy na płaszczyźnie horyzontu promieniem *AO* koło *K*, to przetnie ono horyzont w dwóch punktach *D* i D_1, nazwanych punktami odstępu. Koło *K* nazywa się kołem odstępu, gdyż każdy punkt jego obwodu oddalony jest od punktu oka *A* o odstęp oka *AO*.

§. 9. Wynikiem rozpatrywania się w rysunku figury 10 są następujące, dla późniejszych zagadnień bardzo ważne wnioski:

Każda prosta położona na płaszczyźnie podstawy *P* przecina tło w jakimś punkcie linii *PP*, n. p. *L* w l_t.

Każda prosta położona na płaszczyźnie horyzontu *H* przetnie tło w jakimś punkcie horyzontu *HH*, n. p. *M* w m_t.

Każda prosta położona na płaszczyźnie pionu *V*, przetnie tło w jakimś punkcie pionu *VV*, n. p. *N* w n_t.

§. 10. Uzmysłowienie przestrzennego układu (§. 8) na jednéj płaszczyźnie. Wszystkie w §. 8 wymienione punkty, linie i płaszczyzny są przy wykonaniu konstrukcyjném perspektywy linijnéj pewnego przedmiotu niezbędnie potrzebne; że jednak przy rysunku rozporządzamy ostatecznie zawsze tylko jedną płaszczyzną t. j. tłem, potrzeba umieć wszystkie te punkty, linie i płaszczyzny do tyla na tle scharakteryzować, aby każdéj chwili tak o położeniu tych płaszczyzn i punktów względem siebie, jakoteż o zachodzących tam wymiarach można mieć zupełnie jasne wyobrażenie.

*) *Uwaga.* Że każda prosta, przez oko równolegle do podstawy *P* wykreślona, leży tém samém na płaszczyźnie horyzontu, pojąć łatwo bez dowodu; należy tylko na tę okoliczność uwagę zwrócić.

Przyjąwszy tedy płaszczyznę rysunkową, a więc papiér, płótno etc. (przy wykładzie tablicę szkolną) jako tło, rysujemy (fig. 11) w stosowném miejscu linią poziomą *PP*, która teraz wyznacza dokładnie pozycyą płaszczyzny podstawowéj *P*; ta bowiem biorąc początek w *PP* wyrasta niejako z tła, prostopadle do tegoż *).

Następnie rysujemy linią *HH* (horyzont) równolegle do *PP*, oddaloną od niéj o wysokość oka **) (§. 8).

Podobnie jak linia *PP* przedstawia płaszczyznę podstawy, tak i *HH* wyznacza dokładnie pozycyą płaszczyzny horyzontu.

Na horyzoncie *HH* obieramy teraz, na razie dowolnie, punkt oka *A*. Wedle pojęcia punktu oka (§. 8) znajduje się naprzeciwko *A*, przed tłem, w linii prostopadłéj do tła a przechodzącéj przez *A*, oko *O*. Możemy zatem ołówek lub laseczkę w *A* na tle prostopadle doń ustawić i na niéj krédą lub czémś podobném miejsce oka *O* naznaczyć; część laseczki między *A* a tém zaznaczoném miejscem jest natenczas odstępem oka **) (§. 8). Aby długość tego odstępu na tle uwidocznić, połóżmy tę laseczkę razem z płaszczyzną horyzontu, która przez nią przechodzi (§. 8.), około linii *HH*, jakoby około zawiasów, na tło ***). Laseczka ta zajmie wówczas prostopadłą do *HH* pozycyą *AO*, pierwotnie zaś krédą naznaczone miejsce znajdzie się w *O*. Linia *AO* przedstawia wymiar odstępu oka.

Pamiętać jednak należy nietylko, że miejsce oznaczone na tle literą *O* nie jest bynajmniéj miejscem oka, ale także, że długość *AO* na tle narysowana przedstawia odstęp oka. Oko samo znajduje się przed tłem naprzeciwko *A*, na linii przez *A* przechodzącéj a prostopadłéj do tła, oddalone od *A* właśnie o długość *AO*, którą na tle wykreślono.

Płaszczyznę pionu *V* przedstawia prosta *VV*, prostopadle przez *A* do *HH* narysowana (tworząca zatem przedłużenie linii *AO*) zupełnie tak samo, jak proste *PP* i *HH* przedstawiają płaszczyzny podstawy i horyzontu.

Jeżeli jeszcze chodzi o koło i punkty odstępu, to oczywiście (§. 8) środkiem koła jest punkt oka *A*, a promieniem odstęp oka *AO*; punkty przeto *D* i D_1, gdzie koło to przecina horyzont *HH*, są punktami odstępu. Z figury 11 widać,

---

*) Ręką lub kartką papiéru, przechodzącą przez linią *PP* prostopadle do tła, należy sobie płaszczyznę podstawy uzmysłowić.

**) O wymiarach tak wysokości jakotéż odstępu oka późniéj szczegółowo mówić się będzie.

***) Ręką lub kartką papiéru, przechodzącą przez *HH* i ową laseczkę, należy ten obrót jakoby drzwi około zawiasów w *HH* będących sobie uzmysłowić.

że trójkąty AOD i AOD_1, o prostych przy A kątach, są dla równości boków $AO=AD=AD_1$ i przystające i równoramienne. W skutek tego mają i kąty przy D i D_1, jakotéż obydwa przy O łukami zakreślone, wszystkie po 45 stopni. Okoliczność tę dobrze zrozumiawszy trzeba raz na zawsze zapamiętać.

III.

Rozmaite położenia linij prostych.

§. 11. Linie ukośne względem płaszczyzny podstawy. Na tle sporządzoném wedle §. 10 kreślimy perspektywy rozmaitych przedmiotów, zaczynając od linij prostych. Punkt zbiegu l_z i ślad tłowy l_t (fig. 12) na tle położone, wyznaczają perspektywę l prostéj L; chodzi o położenie téj prostéj w przestrzeni.

Postępowanie wskazuje §. 6.

Oko znajduje się przed tłem w odległości AO naprzeciwko punktu A. Promień zbiegu Ol_z można sobie zatem w przestrzeni wyobrazić, markując, n. p. końcem palca miejsce oka naprzeciwko A przed tłem w odległości AO i przesuwając przez ten punkt cienką laseczkę do położonego na tle (a więc na papiérze, tablicy etc.) punktu l_z. Linia tak wyznaczona wyobraża promień zbiegu.

Prosta za tłem położona, wychodząca z l_t a równoległa do promienia zbiegu Ol_z (w powietrzu laseczką naznaczonego) jest prostą L.

Prosta M o perspektywie m przechodzi przez m_t równolegle do Om_z (t. j. do tego samego promienia zbiegu). Proste L i M są przeto do siebie równoległe, a ich perspektywy mają wspólny punkt zbiegu (§. 7).

Proste l i m mają punkt zbiegu nad horyzontem, prosta n ma n_z pod horyzontem. Z samego położenia punktu zbiegu względem horyzontu można już wnosić o kierunku linii w przestrzeni, markując tylko wyż podanym sposobem promienie zbiegu. Dla linii L wznosi się promień zbiegu Ol_z od oka zacząwszy w kierunku tła w górę, linia przeto L z l_t wychodząca dąży ku górze, jest linią wznoszącą się. Dla linii N idzie promień zbiegu On_z od oka zacząwszy w kierunku tła ku dołowi, linia przeto N z n_t wychodząca dąży w dół, jest linią spadającą.

Stąd ogólna zasada: Linie mające punkty zbiegu nad horyzontem są ukośne względem podstawy, a mianowicie dążą w górę; linie zaś, których punkty zbiegu leżą pod horyzontem, są ukośne względem podstawy i dążą w dół.

W l zaznaczono perspektywę b jakiegoś punktu B prostéj L, chodziłoby o położenie tego punktu w przestrzeni.

Oczywiście leżeć on będzie na linii L, któréj pozycya już znana, a także na promieniu widzenia, przechodzącym przez b (§. 6) t. j. na linii, która łączy oko, przed tłem końca palca zamarkowane, z punktem b na papiérze; trzeba sobie przeto punkt B tam wyobrazić, gdzie się promień widzenia Ob i prosta L z l_t wychodząca przetną.

§. 12. Linie proste równoległe do płaszczyzny podstawy czyli poziome, a ukośne do tła. Proste L, M, N (fig. 13) są proste poziome, t. j. równoległe do płaszczyzny podstawy P, ale zarazem ukośne do tła. Z nich prosta L leży na podstawie, ślad jéj tłowy l_t musi przeto leżeć na linii PP (§. 9). Prosta M leży na płaszczyźnie poziomej Q między płaszczyzną podstawy a płaszczyzną horyzontu; ślad tłowy m_t wypadnie między PP i HH. Prosta N leży w płaszczyźnie poziomej R nad płaszczyzną horyzontu i jest do M równoległą; ślad tłowy n_t znajduje się przeto nad linią HH.

Chodzi o punkty zbiegu tych prostych, gdzie wypadną.

Wedle §. 5 należy wykreślić przez oko O proste, równoległe do prostych L, M, N i szukać ich przecięcia się z tłem. Promienie te wszystkie leżeć będą na płaszczyźnie horyzontu (§. 8, uwaga) przetną zatem tło w linii horyzontu HH (§. 9). Stąd twierdzenie: Linie horyzontalne mają swe punkty zbiegu w horyzoncie HH.

Zag. 1. Czy w myśl poprzedzających zasad punkty zbiegu m_z i n_z muszą wypaść w jedném miejscu na HH, a jeżeli tak, dla czego?

Przenosząc rysunek z fig. 13, służącéj tylko do wyjaśnienia sprawy, na tło sporządzone wedle §. 10, widzimy na niém (fig. 14) pięć prostych, wszystkie poziome, bo punkty zbiegu l_z, m_z, k_z, n_z, h_z są na horyzoncie.

2. Między nimi są dwie pary równoległych. Które? Prosta h leży na płaszczyźnie podstawy. Dla czego?

3. Jak leży reszta prostych względem płaszczyzn podstawy i horyzontu? Na, nad czyli też pod tymi płaszczyznami?

4. Jak uzmysłowić położenie każdéj z tych prostych w przestrzeni, markując miejsce oka palcem wedle §. 11.

§. 13. Proste poziome położone *na* płaszczyźnie podstawy na szczególną zasługują uwagę. Linia l (fig. 15) mająca punkt zbiegu l_z na horyzoncie a ślad tłowy w PP, charakteryzuje się jako perspektywa linii L, pozioméj, położonéj na płaszczyźnie podstawy. Chodzi o wyznaczenie perspektywy kilku punktów téj prostéj.

Punkt l_t jest własną swą perspektywą. Perspektywą punktu B położonego za tłem w pewnéj odległości jest b; perspektywą punktu C położonego za tłem w większéj odległości jest c; punktu D znajdującego się jeszcze daléj za tłem jest d i t. d.

Widać z tego, że im bardziéj punkty położonéj na podstawie linii od tła są oddalone, tém znaczniejsza jest odległość ich perspektyw od linii podstawowéj.

Ponieważ odległość punktów B, C, D od tła zowie się **głębokością** lub **zagłębieniem perspektywicznem** tychże, poznajemy nowe prawo: **Im bardziéj perspektywa b pewnego punktu oddaloną jest od linii podstawowéj PP, tém głębiéj leży odpowiedni punkt B za tłem.**

Tyczy się to wszakże tylko takich punktów, które leżą na podstawie.

Zag. 5. Jak daleko za tłem leży tedy punkt Z, którego perspektywa l_z leży na horyzoncie HH?

W punkcie l_z poznajemy punkt zbiegu prostéj l; jest on wedle §. 5 perspektywą nieskończenie daleko na L położonego punktu. Można przeto powiedzieć, że te punkty płaszczyzny podstawowéj, których perspektywy leżą na horyzoncie, znajdują się za tłem w nieskończonéj odległości. Długość odcinku perspektywicznego l_t l_z przedstawia zatem w rzeczywistości wymiar nieskończenie wielki; da się to o każdym takim odcinku powiedzieć, jeżeli on jest perspektywą linii na płaszczyźnie podstawowéj lub w ogóle pozioméj.

Ażeby tedy linia jakaś pozioma mogła w perspektywie dosięgnąć horyzontu, to musi ona być w rzeczywistości nieskończenie długą.

Mając teraz wyznaczone perspektywy kilku punktów, o których wiemy, że leżą na płaszczyźnie podstawy, można za pomocą powyższego prawa zaraz wnosić na stopień zagłębienia tych punktów za tłem.

6. Gdzie leżą proste l i m? (fig. 16).

7. Który z cztérech punktów b, c, d, f, płaszczyzny podstawy leży najbliżéj, który najdaléj od tła?

8. Jakie są proste k, l, m, n? (fig. 17).

9. Jak się przedstawiają odległości od tła wierzchołków *1*, *2*, *3*, *4*, czworoboku położonego na płaszczyźnie podstawy?

§. 14. **Proste poziome, prostopadłe do tła.** Linie proste L, M, N (fig. 18), prostopadłe do tła (a więc równoległe pomiędzy sobą) przecinają tło w śladach tłowych l_t, m_t, n_t. Rozchodzi się o punkt zbiegu.

Jeżeli z O wykreślimy promień zbiegu, t. j. równoległą do L, M, N, a więc także prostopadłą do tła, promień ten przetnie tło w punkcie oka A. Stąd prawo: **Linie prostopadłe do tła mają punkt zbiegu w punkcie oka** A *).

*) W każdéj z prostych L, M, N, przyjęto po jednym puncie B, C, E, których perspektywy w b, c, e, uwidoczniono.

Na tle sporządzoném według §. 10 przedstawiają się perspektywy takich prostych we fig. 19. Mimo jednakowego kierunku prostych *L, M, N, K*, przedstawionych w téj figurze perspektywicznie liniami *l, m, n, k*, zachodzi pytanie, czém się przecież różnią co do swego położenia względem płaszczyzny podstawy?

Zag. 10. Dokładnie oznaczyć położenie w przestrzeni każdéj z tych prostych i punktów *b, c, e*, na nich obranych według §. 11.

§. 15. Proste poziome nachylone do tła pod kątem 45 stopni. Linie takie muszą jako poziome mieć punkty zbiegu na horyzoncie, chodzi jeszcze tylko o dokładniejsze oznaczenie miejsca tégo punktu.

Trzeba w tym celu przesunąć, jak zawsze, przez oko *O* prostą równoległą danéj linii, a więc prostą poziomą, zamykającą z tłem 45 stopni. Przecięcie się téjże z tłem będzie miejscem punktu zbiegu takich prostych.

Według fig. 20 otrzymamy tutaj dwie takie proste *OD* i OD_1 przecinające tło w punktach *D* i D_1, które znamy już jako punkty odstępu. (Ob. końcowy ustęp §. 10). Stąd prawo: Linie poziome, zamykające z tłem kąt 45 stopni, mają punkty zbiegu w punktach odstępu *D* i D_1.

Proste takie przedstawiają się tedy na tle, sporządzoném według §. 10 jak *l, m, n, k*, we figurze 21.

Zag. 11. Czém różnią się proste *l, m, n, k*, co do pozycyi?

12. Dokładnie oznaczyć położenie każdéj z tych prostych w przestrzeni według §. 11.

13. Czy można powiedzieć, że proste *r, s, u, w*, mające punkty zbiegu w kole odstępu (§. 8), zamykają z tłem również kąt 45 stopni?

W tym przypadku należy tylko miejsce oka według wskazówek §. 11 w przestrzeni palcem zamarkować i za pomocą punktów zbiegu kierunek prostych wyznaczyć, a nastąpi na powyższe pytanie odpowiedź twierdząca i wyniknie prawo: Linie mające punkty zbiegu w kole odstępu, są do tła pod kątem 45 stopni nachylone, ale nie są poziome tylko w ogóle ukośne.

Pyt. a) Które są wyjątkowo poziome? (Proste *l, m, n, k*, fig. 21).

b) Które z prostych *r, s, u, w*, są spadające, a które wznoszące się? (§. 11).

§. 16. Proste równoległe do płaszczyzny pionu *V*. Ślady tłowe takich prostych mogą, jak we wszystkich dotąd wypadkach, gdziekolwiekbądź na tle się znajdować; co do punktów zbiegu, to linia przez oko równolegle do takiéj prostéj przesunięta, leży oczy-

wiście na płaszczyźnie pionu saméj a jéj punkt zbiegu na pionie VV (§. 9).

Figura 22 przedstawia perspektywy takich prostych.

Zag. 14. Czém różnią się między sobą proste l, m, n, k, h, co do położenia?

15. Czy są między nimi jakie wznoszące się, spadające, poziome lub też nachylone do tła pod kątem 45 stopni?

16. Dokładnie oznaczyć pozycyą każdéj z tych prostych w przestrzeni, jak w §. 11.

§. 17. Proste na płaszczyźnie pionu zamykające z poziomem dany kąt. Z figury 10 widać, że gdybyśmy płaszczyznę pionu V, wraz z będącém w niéj okiem O, około linii pionu VV jakoby około zawiasów obracali, (jak w §. 10 płaszczyznę horyzontu około HH) to oko O zawsze znajdować się będzie na kole odstępu, a w chwili, gdy płaszczyzna V padnie na tło, oko O przejdzie do jednego z punktów D, D_1 na horyzoncie.

Jeżeli w płaszczyźnie V leży i przez oko O przechodzi linia prosta R, to przetnie ona tło w jakimś punkcie linii pionu, n. p. $+U$. Prosta ta zamyka z poziomą płaszczyzną horyzontu jakiś kąt $+UOA=\alpha$. Jeżeli i tę prostą razem z płaszczyzną V około VV obracamy, to po dokonanym obrocie w chwili zetknięcia się płaszczyzny V z tłem prosta ta zajmie oczywiście położenie $+UD$ lub $+UD_1$, bo O, jak nadmieniono, przychodzi do D lub D_1, podczas gdy $+U$ nie zmienia swego miejsca w czasie obrotu, bo leży na osi obrotu.

Wyż wymieniony kąt $+UOA$ o wierzchołku O i zawarty między ramionami $+UO$ i OA nie zmienia podczas tego obrotu swéj wielkości α i przeszedł po obrocie w położenie $+UDA$. Wierzchołkiem jego jest teraz punkt D a zawiera się między prostą $+UD$ a horyzontem HH jako ramionami.

Według tego łatwo rozwiązać pytanie, jak wyznaczyć na pionie VV punkt $+U$, który jest punktem przecięcia tegoż pionu z przechodzącą przez oko O prostą, położoną na płaszczyźnie pionu V i nachyloną do poziomu pod pewnym danym kątem α. Przesunięcie téj prostéj bezpośrednio przez oko O z powodu położenia tegoż w przestrzeni przed tłem, (jak we fig. 10) jest niełatwém do wykonania. Mimo tego można ten punkt $+U$ otrzymać z wszelką dokładnością za pomocą punktu D lub D_1 — rysujemy bowiem według fig. 10, jak szczegółowo wyłożono, przy D lub D_1 prostą zamykającą z horyzontem kąt α, a gdzie ona przetnie pion VV, tam jest żądany punkt $+U$.

Gdyby przez O przechodziła prosta R_1, zamykająca także z poziomem kąt α, ale skierowana w dół, to prosta taka

przetnie pion *VV* w punkcie położonym p o n i ż é j horyzontu właśnie o tyle, o ile + *U* leżał nad horyzontem; oznaczono przeto punkt ten znakiem — *U**). Można go za pomocą *D* lub D_1 tak samo otrzymać, jak poprzód +*U*. Jeżeli przeto chodzi (fig. 11) o wyznaczenie punktów +*U* i —*U*, w których prosta, przez oko przechodząca, na płaszczyźnie pionu położona i zamykająca z poziomem kąt α, — linią *VV* przetnie, wykreślimy nad lub pod horyzontem przy *D* albo D_1 kąt α, a gdzie narysowane proste *R*.. pion *VV* przetną, tam są żądane punkty.

Przedstawiona sprawa jest ze względu na późniejsze zastosowanie (§. 98) wielkiéj wagi.

§. 18. U w i d o c z n i e n i e w y j a ś n i o n y c h w §§. 11—16 t e o r e t y c z n y c h s p r a w n a p r z y k ł a d a c h p r a k t y c z n y c h. Służą do tego figury 23 i 24, przedstawiające ten sam przedmiot (mostek prowadzący przez mały rów o murowanych brzegach), które chcemy między sobą porównać.

We fig. 23 punkt oka *A* znajduje się w samym środku horyzontu *HH*, podczas gdy we fig. 24 punkt ten mieści się tuż obok lewego brzegu obrazu, obwiedzionego w obu figurach cztérema liniami prostymi, na kształt ramy. Linią podstawową *PP* przedstawia w obu figurach dolna krawędź obrazu, jak to najczęściéj, jakkolwiek nie zawsze przyjmują.

Rozpatrujemy najprzód linie stanowiące kontury poręczy mostku, są to jednakowo w obu figurach znakowane proste *ab, cd, ef, gh, ik, bl, dm, hn, ce, as, gi, df, hk.*

Spostrzegamy, że linie *ab, cd, ef, gh, ik* schodzą się w jednym punkcie, mianowicie w punkcie $+z_1$ we fig 23, w punkcie zaś $+z_3$ we fig. 24. Punkty $+z_1$, $+z_3$ są punktami zbiegu tych wszystkich prostych; linie przeto *ab, cd, ef, gh, ik* stanowią perspektywy p r o s t y c h r ó w n o l e g ł y c h, które zarazem dla leżących nad horyzontem punktów zbiegu $+z_1$, $+z_3$ d ą ż ą w g ó r ę. (§. 11).

Podobnie proste *bl, dm, hn* schodzą się w jednym punkcie, a mianowicie $-z_1$ we fig. 23 i $-z_3$ we fig. 24. Punkty $-z_1$, $-z_3$ są również punktami zbiegu tych prostych; linie *bl, dm, hn* przedstawiają zatem także p r o s t e r ó w n o l e g ł e, które jednak dla leżących pod horyzontem punktów zbiegu d ą ż ą w d ó ł (są liniami spadającymi §. 11).

Jeżeli poręcze z jednéj strony o tyle się wznoszą, o ile z drugiéj strony spadają, czyli jeżeli takowe z obu stron pod tym samym kątem do poziomu są nachylone, natenczas punkt zbiegu $+z_1$ (fig. 23) dla pierwszéj seryi prostych i punkt zbiegu $-z_1$ dla drugiéj muszą mieć od horyzontu *HH* jednakową

*) Algebraiczne znaki + i — wyrażają w takich razach właśnie przeciwne wręcz kierunki.

odległość, czyli długości $+z_1z_{90}$ i $-z_1z_{90}$ muszą być sobie równe. To samo tyczy się figury 24, gdzie długości $+z_3A$ i $-z_3A$ muszą być sobie równe*). Podobnie ma się rzecz zawsze wtedy, jeżeli się rozchodzi o linie ukośne, których nachylenie do poziomu jest jednakowe.

Zag. 17. Jakie jest położenie prostych *ao* i *ql* (fig. 23), których punkty zbiegu znajdują się w $-z_2$ i $+z_2$?

18. Czy droga przez most prowadząca sprawia wrażenie drogi pozioméj, czy też ukośnéj, spadzistéj?

Zachodzi jednak przecież pewna różnica między figurami 23 i 24 ze względu na położenie tych dwóch seryj rozpatrywanych dotąd linij prostych. We fig. 24 widzimy mianowicie, że punkty zbiegu $+z_3$ i $-z_3$ leżą na prostéj pionowéj *VV*, przechodzącéj przez *A* a będącéj pionem (§. 8), podczas gdy punkty zbiegu $+z_1$ i $-z_1$ we fig. 23 nie leżą na pionie. Z tego wynika, że pionowe płaszczyzny *acdmlb* i *ghn*, na których te proste leżą, są do płaszczyzny pionu *V* (§. 16) we fig. 24 równoległe, do tła więc prostopadłe (§. 8), podczas gdy te same płaszczyzny we fig. 23, wprawdzie również pionowe, względem tła jednak ukośnie są nachylone**).

Uwaga. Punkty $+z_3$ i $-z_3$ we fig. 24 odpowiadają zupełnie punktom $+U$ i $-U$ we figurach 10 i 11.

Prócz tych do podstawy ukośnych istnieją na obu pomienionych figurach jeszcze inne proste.

Proste *oq*, *al*, *cm* we fig. 23 mają punkt zbiegu w punkcie z_{90} położonym na horyzoncie, są to więc proste poziome (§. 12.), podobnie jak i proste *as*, *ce*, *dk* téj saméj figury, których punktem zbiegu jest punkt *z* na *HH*, t. j. na horyzoncie. Proste *al*, *cm* (fig. 24.) mają punkt zbiegu w punkcie ocznym *A*, są zatem perspektywami prostych do tła prostopadłych (§. 14).

O prostych *as*, *ce*, *dk* fig. 24 będzie niżéj.

§. 19. **Linie proste, równoległe do tła, a pionowe, t. j. prostopadłe do podstawy.** Wszystkie dotąd rozpatrywane linie miały ukośne względem tła położenie, przecinały je zatem i miały w skutek tego w punkcie przecięcia z tłem ślad tłowy. Promień zbiegu przechodzący przez oko **równolegle** do tych prostych był tém samém względem tła również ukośny, przeciął je zatem, a to w punkcie, zwanym punktem zbiegu. Ślad tłowy i punkt zbiegu wyznaczały tedy perspektywę prostéj, **ukośnie** względem tła położonéj.

---

*) Dla tego znakowano też te punkty jednakowo, odróżniając je tylko algebraicznymi znakami $+$ i $-$.

**) Różnicę właśnie co wykazaną zaznaczymy późniéj odpowiednim wyrazem technicznym (w §. 39).

Przedstawmy sobie teraz (fig. 25) prostą pionową *L*, t. j. prostopadłą do płaszczyzny podstawy (jak krawędzie narożne budynku etc.), to prosta ta jest zarazem równoległą do tła, nie będzie przeto mogła tła przeciąć i nie ma śladu tłowego l_t.

Promień zbiegu p_l, wychodzący z punktu *O* równolegle do *L*, jest także równoległy do tła, a że jako taki tła nie przetnie, przeto prosta *L* nie posiada i punktu zbiegu l_z.

Perspektywy *l* takiéj prostéj nie można więc przez l_t i l_z wyznaczyć, ale łatwo się przekonać, że *l* w tym wypadku jest także prostą pionową, jak n. p. perspektywy *ab*, *cd*, *ef*, *gh* krawędzi pionowych *AB*, *CD*, *EF*, *GH* przedmiotu we fig. 5 mechanicznym sposobem w perspektywie wyrysowanego*).

Perspektywa *l* prostéj pionowéj *L* jest tedy także linią pionową, a więc równoległą do *L*, zmniejszoną jednak w miarę odległości *L* od tła. Wszystko to da się także powiedzieć o innéj prostéj *M*, również pionowéj, a przeto do *L* równoległéj. Perspektywą jéj będzie linia pionowa *m*.

Jakżeż się tedy charakteryzują w perspektywie dwie linie pionowe?

Wykazano wyżéj, że linie *L* i *M* nie posiadają punktu zbiegu, że przeto nie zbiegają się ich perspektywy, lecz pozostają między sobą istotnie równoległe, t. j. zatrzymują od siebie we wszystkich punktach jednakowe zawsze odstępy.

Stąd prawo: Proste pionowe nie mają ani śladu tłowego ani punktu zbiegu, perspektywy takich prostych (oczywiście zawsze równoległych między sobą) są podobnież liniami tak między sobą, jakoteż i do prostych w przestrzeni równoległymi, a zatem pionowymi (prostopadłymi do linii *PP*).

(Obacz krawędzie pionowe budynków, filarów etc. na dobrych fotografiach).

§. 20. Proste równoległe do tła i do podstawy. Krótkie zastanowienie i przypatrzenie się fig. 26 przekona tu od razu, że proste takie są tém samém równoległe do linii podstawowéj, jak we fig. 26 linie *L* i *M*.

Proste takie, jako do tła równoległe, nie mają, podobnie jak poprzednie, ani śladu tłowego ani punktu zbiegu; perspektywy ich *l* i *m* są zatem liniami między sobą i do prostych w przestrzeni równoległymi (równoległe zarazem do linii podstawowéj *PP*).

---

*) Przekonuje o tém otrzymana sposobem mechanicznym perspektywa jakiéj pionowéj krawędzi gmachu na tafli szklannéj okna.

§. 21. Proste równoległe do tła a ukośne względem płaszczyzny podstawy. Oba wypadki ostatnie tyczyły się prostych równoległych do tła, mających względem podstawy ściśle określone położenie (prostopadłe i równoległe). Teraz uważamy wypadek ogólny równoległéj do tła a ukośnéj względem podstawy prostéj (fig. 27).

I linie takie nie mają ani śladu tłowego ani punktu zbiegu. Perspektywy ich są przeto także liniami prostymi równoległymi, i między sobą i do prostych w przestrzeni, ukośnymi jednak do linii podstawowéj *PP*.

§. 22. Równoległość geometryczna i perspektywiczna. Na tle sporządzoném dla rysunku perspektywicznego przedstawiają się we fig. 28 linie §fu 19 pod a, §fu 20 pod b, §fu 21 pod c. Porównując części a, b, c, d, téj figury między sobą, spostrzegamy, że każda przedstawia perspektywę jednéj pary linij równoległych. Dla scharakteryzowania wybitnéj różnicy, zachodzącéj między figurami a, b, c, z jednéj, a figury d z drugiéj strony niech służą na przyszłość zawsze wyrażenia następujące:

Linie *l*, *m*, we figurach a, b, c, są geometrycznie równoległe, linie zaś *l*, *m*, figury d, są perspektywicznie równoległe.

Z §. 11—21 wynika, że perspektywy linij równoległych zawsze się w ogólności jako zbieżne przedstawiają, z jedynym wyjątkiem linij równoległych do tła (§§. 19, 20, 21). Wyjątek ten jest jednak tylko pozorny, linie bowiem równoległe do tła co do swéj perspektywy podpadają zupełnie, jak i wszystkie inne, ogólnemu prawu matematycznemu, które wymaga istnienia punktu zbiegu.

Punkt zbiegu prostych równoległych do tła leży na tle, ale nieskończenie daleko. Z tego tedy powodu perspektywy tych prostych, zbiegające się w nim, muszą przy pewnéj skończonéj długości być geometrycznie równoległe.

Chcąc dla prostych pod a, b, c, wyznaczyć położenie odpowiadających *L* i *M* w przestrzeni, markujemy oko jak w §. 10. Obrawszy następnie na prostéj *m* dwa punkty *b* i *c*, pytamy o położenie odpowiadających im punktów *B* i *C* w przestrzeni. Punkt *B* leży w promieniu widzenia, idącym z oka do *b*, gdzieś po za tłem w jakiéjś odległości, o któréj się co do rozmiaru nic bliższego powiedzieć nie da. Punkt *C* leży na promieniu widzenia przechodzącym przez *c*, a to po za tłem w téj saméj odległości co punkt *B* (bo prosta *M* jest pionowa, do tła równoległa). — Widać przeto, że o prostéj *M* tyle tylko da się powiedzieć, że leży gdzieś po za tłem, a to na płaszczyźnie przechodzącéj przez oko i przez *m* i równolegle do *m*, a więc pionowo.

Głębokości jéj za tłem nie można jednak na razie ocenić. To samo tyczy się i prostéj *L* do *M* równoległéj.

I o prostéj *M* (fig. 28 b) tyle tylko podać można, że leży po za tłem, a to na płaszczyźnie przez oko i perspektywę *m* przesuniętéj, równolegle do *m*, a więc poziomo; co do odległości zaś téjże od tła znowu żadnych nie ma wskazówek. Prosta *L* leży na płaszczyźnie przez *O* i *l* przechodzącéj i jest do *M* równoległą.

Również i we fig. c leżą obie proste *L* i *M* po za tłem, a to w płaszczyznach przez oko i ich perspektywy przesuniętych, równolegle do *l* i *m*. O odległościach prostych *L* i *M* od tła i tu nic bliższego powiedzieć się nie da*).

§. 23. Figury równoległe do tła. Powstają przez wzajemne przecięcie się równoległych do tła prostych. Po wyznaczeniu perspektyw wszystkich tych prostych otrzymamy perspektywę całéj figury. Otóż z pewnéj własności téj perspektywy da się na podstawie poznanych już twierdzeń, tyczących się linij do tła równoległych, wysnuć ważny bardzo wniosek.

L, M, N, K (fig. 29) są cztéry proste równoległe do tła a nawzajem się przecinające w punktach *B, C, E, F;* tworzą one czworobok równoległy do tła. Perspektywy boków tego czworoboku są to proste *l, m, n, k,* równoległe do odpowiadających im *L, M, N, K,* — tworzą przeto figurę *bcef,* która dla równoległości odpowiednich boków i przekątnych jest do figury *BCEF* podobną**). Wypadek ten jest ogólny i tyczy się wszystkich figur do tła równoległych, tak prosto- jako i krzywokreślnych.

Zapowiedziane twierdzenie jest więc: Perspektywy figur równoległych do tła są figurami podobnymi do figur w przestrzeni.

Uwagi. 1. Z fig. 29 wypływa, że promienie widzenia dążące z *O* do wierzchołków *B, C, E, F* są krawędziami ostrosłupa *OBCEF*, którego przekrój *bcef* z tłem jest właśnie perspektywą czworoboku *BCEF*. Figura *bcef*, która powstała z przecięcia się ostrosłupa *OBCEF* i płaszczyzny *T* równoległéj do podstawy tegoż, musi jako taka do téj podstawy być podobną.

---

*) Dla dokładniejszego zrozumienia tych ostatnich zasad perspektywy jest rzeczą pożądaną, płaszczyzny te, przechodzące przez oko i odnośną perspektywę prostéj, dokładnie widzieć. Da się to jedynie osiągnąć przez zamarkowanie oka przed tłem (§. 10) i przesunięcie przedstawiającéj płaszczyznę ćwiartki papiéru przez to oko i perspektywę *m* lub *l* odnośnéj prostéj. W przedłużeniu téj płaszczyzny po za tłem leży prosta *M* lub *L* sama w kierunku do *m* lub *l* równoległym.

**) W geometryi są dwie figury podobne, jeżeli wszystkie boki i przekątne jednéj, do boków i przekątnych drugiéj są równoległe. Wypadek ten właśnie we fig. 29 zachodzi.

2. Jeżeli tło ustawimy równolegle do pionowéj ściany jakiegoś budynku, o którego perspektywę chodzi, to i ściana sama i wszystkie na niéj znajdujące się figury, n. p. otwory prostokątne drzwi, okien etc., wystąpią na rysunku wprawdzie w odpowiedniém zmniejszeniu, ale co do formy zupełnie takie same jak w naturze.

Zag. 19. Na tle sporządzoném do rysunku wykreślić perspektywę kwadratu i koła, równoległych do tła.

Wykr. Rysujemy (fig. 30) perspektywę kwadratu jako kwadrat, koła jako koło według powyżéj co wysnutego twierdzenia.

§. 24. Uwidocznienie wyjaśnionych w §§ 19—23 teoretycznych spraw na przykładach praktycznych, t. j. na figurach 31 i 32. Obie te figury przedstawiają perspektywę tego samego przedmiotu, a różnią się między sobą podobnie jak fig. 23 i 24 tém, że we fig. 31 punkt oka A znajduje się w pobliżu lewego brzegu, podczas gdy we fig. 32 jest on w samym jéj środku.

Spostrzegamy na obu rysunkach szereg prostych pionowych (a więc równoległych między sobą) jako to: eg, fh, e_1g_1, f_1h_1, kn, mx, pl i t. d. Proste te wyznaczają pionowe krawędzie filarów kwadratowych, które i w rysunku i w naturze są do siebie równoległe (§. 19).

We fig. 32 nie ma, prócz wymienionych krawędzi filarów, innych prostych równoległych do tła, ale tylko same albo poziome (punkty zbiegu z i z_{90}) albo ukośne w górę i w dół skierowane (punkty zbiegu $+z_5$, $-z_5$, $+z_6$, $-z_6$); we fig. 31 zaś występują proste ab, cd, ef, e_1f_1, gh, g_1h_1, kl, np etc. równoległe do PP, — w naturze poziome krawędzie zarazem do tła równoległe (§. 20) — i proste on, rq, ut, op, rs, uv przedstawiające krawędzie w naturze i do siebie i do tła równoległe a nachylone do podstawy (§. 21). W rysunku takie proste muszą zatem być także geometrycznie równoległe a ukośne do linii PP.

Zag. 20. Jakimi są linie wn, yj, wx, yz; ur, km, ac... etc. we fig. 31?

Prostokąty $efgh$, $e_1f_1g_1h_1$ (fig. 31) są to tedy figury równoległe do tła, a zatem p o d o b n e do odpowiadających im prostokątów w przestrzeni (§. 23). Między sobą są te prostokąty w n a t u r z e zupełnie jednakowe. Prostokąt $e_1f_1g_1h_1$ w r y s u n k u przedstawia się mniejszym od $efgh$ a to dla większéj odległości swéj od tła, czyli dla większego zagłębienia (§. 13).

Czworoboki $efgh$, $e_1f_1g_1h_1$ (fig. 32) będące perspektywami prostokątów w naturze, nie są na rysunku prostokątami; figury te nie mogą zatem być równoległe ale są ukośne do tła; w miarę większego zagłębienia jednak stają się w rysunku również coraz mniejsze.

§. 25. *Zagadnienia.**) Przedstawić perspektywicznie na tle sporządzoném wedle §. 10:

21. Linią *L* ukośną względem podstawy a skierowaną w dół (spadającą).

22. Linie *L* i *M* ukośne względem podstawy, obie skierowane w górę, lecz *L* silniéj się wznoszącą niż *M*.

23. Dwie linie *L* i *M* równoległe, wznoszące się. (*L* przecina tło pod płaszczyzną podstawy, *M* między płaszczyznami podstawy a horyzontu).

24. Dwie linie *L* i *M* nierównoległe, poziome. (*L* nad płaszczyzną horyzontu, *M* na podstawie).

25. Trzy linie *L*, *M*, *N*, prostopadłe do tła. (*L* pod podstawą, *M* na płaszczyźnie horyzontu, *N* na podstawie).

26. Dwie linie zamykające z tłem 45 stopni. (*L* dowolna pozioma, *M* ukośna do podstawy a wznosząca się w górę). (§. 15).

27. Dwie linie *L* i *M* zamykające z tłem 45 stopni. (*L* leży na podstawie (§. 15) druga pozioma pod podstawą).

28. Dwie linie *L* i *M*, równoległe, zamykające z tłem 45 stopni, dążące w dół; (jedna przecina tło nad płaszczyzną horyzontu, druga w jakimś punkcie podstawy).

29. Dwie linie *L* i *M*, równoległe, zamykające z tłem 45 stopni a zarazem równoległe do płaszczyzny pionu. (§. 16).

30. Na linii *L*, położonéj na płaszczyźnie podstawowéj, naznaczyć trzy punkty *B*, *C*, *E* (ich perspektywy *b*, *c*. *e*), z których punkt *B* ma być dowolnie obrany, zresztą *C* bliżéj, *E* zaś daléj od tła niż *B* (§. 13).

31. Na linii *L*, położonéj na płaszczyźnie podstawowéj, wyznaczyć punkt znajdujący się na tle.

32 Perspektywę prostokąta równoległego do tła. (Wszystkie boki skośne do podstawy §. 23).

---

*) Dla wdrożenia się i przyswojenia sobie wykładanéj sprawy wypadnie zagadnienia tak w tym jak i w dalszych §§. sumiennie rozwiązywać, gdyż tylko taką gimnastyką nabędzie się bystrości i rutyny perspektywicznéj. Dopełnienie tych warunków stanowi kwestyą żywotną całego studyum. One to naukę perspektywy nietylko ułatwiają ale i nadają jéj nieposledni powab. Ci, którzy sądzą, że gałąź ta geometryi wykreślnéj jest suchą i że nie nastręcza zajmującym się nią żadnéj przyjemności, popadają w błąd ten z braku ogólnych teoretycznych zasad, który nie pozwala im spraw częstokroć pokrewnych lub z siebie wypływających odnosić do wspólnego, teoretycznie uzasadniającego je prawa ogólnego. Przez to zaciera się cecha naukowa przedmiotu i spycha się go do wartości amatorskiego zbioru luźnie obok siebie nagromadzonych zagadnień konstrukcyjnych. Wyraz »amatorskiego zbioru« nie powinien nikogo gorszyć, kto zważy, że rozwiązywanie owych zagadnień polega na przepisach o trudno dopatrzyć dającym się związku, przepisach podanych w kształcie recepty a jako takich prowadzących do szkodliwego mechanizmu, obarczających pamięć i budzących niesmak i uprzedzenie do przedmiotu.

33. Perspektywę prostokąta równoległego do tła (o dwu bokach poziomych a dwu pionowych).

34. Perspektywę trapezu równoległego do tła: a) boki równoległe mają być pionowe; b) boki równoległe mają być poziome.

35. Perspektywę trójkąta równobocznego, równoległego do tła.

36. Perspektywę trójkąta równoramiennego, równoległego do tła: a) o podstawie pionowéj; b) o podstawie pozioméj; c) o jedném ramieniu pionowém.

37. Perspektywę równoległoboku dowolnego, do tła równoległego.

IV.

Figury i kąty.

§. 26. Równoległobok i prostokąt; ich kąty i boki. Geometryczna i perspektywiczna równość. O wszystkich prostych tak we fig. 33 jak i następnych przyjmujemy, że leżą na płaszczyźnie podstawy i że skutkiem tego ślady ich tłowe znajdują się na linii *PP*.

Opierając się na wyłożonych dotąd zasadach poznajemy w czworoboku *abcd* (fig. 33) perspektywę równoległoboku. (Dla czego?)

Czém jest czworobok *fghi*?

Proste *gh*, *if* są równoległe między sobą, a prostopadłe do tła. (Dla czego?) Proste *fg*, *hi* są liniami równoległymi między sobą i równoległymi do linii podstawowéj *PP* (§. 20).

Przyjmując w myśli jakąś prostą na płaszczyźnie podstawy, równoległą do linii podstawowéj *PP* i inną jakąś do tła prostopadłą, łatwo nabyć przekonania, że obie te proste są do siebie prostopadłe, że zamykają przeto między sobą kąt prosty i że ich perspektywy są ramionami perspektywicznego kąta prostego.

Kąty przy *f*, *g*, *h*, *i*, są zatem perspektywami kątów prostych, a czworobok *fghi* perspektywą prostokąta.*) Łatwo tedy rozpoznać perspektywy takich kątów prostych po kierunkach ich ramion, z których jedno dąży do *A*, drugie zaś jest równoległe do *PP*. Stąd zwykłe o nich wyrażanie się: Kąty *f*, *g*, *h*, *i*, są kątami perspektywicznie prostymi.

Co się zaś tyczy takich kątów, jak *a*, *b*, *c*, *d*, w czworoboku *abcd*, o ramionach których na razie da się tylko powiedzieć, że są liniami na podstawie leżącymi o punktach zbiegu z_1 i z_2, wiemy o nich na pewne, że naprzeciw siebie leżące kąty, jak kąt *dab* i kąt *bcd* są perspektywami kątów równych

*) Jaka w ogóle zachodzi różnica między figurami geometrycznymi, zwanymi prostokątem i równoległobokiem?

(bo w równoległoboku naprzeciw siebie leżących), tak samo i kąty *abc* i *adc*. Mówi się o tém krócéj: Kąty *dab* i *bcd* są sobie perspektywicznie równe, tak samo i kąty *abc* i *adc*.

Podobnie ma się rzecz i z bokami czworoboku *abcd*. Boki *ab* i *cd* są perspektywami naprzeciw siebie położonych boków równoległoboku, tak samo i *ad* i *bc*. Mówimy przeto i tu, że boki *ab* i *cd* są perspektywicznie równe, tak samo *ad* i *bc*.

Jeżeli zaś dwa odcinki linij prostych mają tę samę rzeczywistą długość, jak *wx* i *yz*, to powiadamy, *w* |————| *x*
że *wx* i *yz* są sobie geometrycznie równe. *y* |————| *z*

Wyrazy perspektywiczna i geometryczna równość zostają w podobnym związku, jak wyrazy perspektywiczna i geometryczna równoległość (§. 22).

Dodać tu jeszcze raz na zawsze wypada, że mówiąc o czworobokach *abcd* i *fghi*, o ich kątach i bokach i chcąc się zupełnie poprawnie wyrażać, trzebaby powiedzieć:

„Czworobok *fghi* jest perspektywą prostokąta; kąty przy *f*, *g*, *h*, *i*, są perspektywami kątów prostych lub kątami perspektywicznie prostymi; boki *fg*, *hi* są perspektywami boków między sobą równych i równoległych, lub bokami perspektywicznie równymi i równoległymi, tak samo jak *gh*, *fi*."

„Czworobok *abcd* jest perspektywą równoległoboku; kąty przy *a*, *c*, są perspektywami kątów równych lub kątami perspektywicznie równymi, tak samo kąty przy *b*, *d*; boki *ab*, *cd* są perspektywami boków między sobą równych i równoległych lub bokami perspektywicznie równymi i równoległymi, tak samo jak *bc*, *ad*."

Krócéj i zwięźléj mówi się jednak:

„Czworobok *fghi* jest prostokątem; kąty przy *f*, *g*, *h*, *i*, są kątami prostymi; boki *fg*, *hi* są równe i równoległe, tak samo *gh*, *fi*."

„Czworobok *abcd* jest równoległobokiem; kąty przy *a* i *c* są równe, tak samo przy *b* i *d*; boki *ab*, *cd* są równe i równoległe, tak samo *bc*, *ad*." W pewnych tylko wypadkach determinujemy wyraźnie perspektywiczną lub geometryczną równość i równoległość.

Ze względu na figury *fghi*, *abcd* da się jeszcze powiedzieć: $is=sg=fs=sh$ jako połówki równych między sobą przekątnych prostokąta; $ar=rc$, $br=rd$ jako połówki przekątnych równoległoboku.

§. 27. Rzeczywista wielkość perspektywicznie danego kąta. Wracając do kątów równoległoboku *abcd*, chodzi o dokładniejsze rozpoznanie ich wielkości.

Jeżeli kąty α_1 i α_2 (zawarte między prostymi *l*, *n*; *m*, *n*) są sobie perspektywicznie równe*) (fig. 34), jaka jest rzeczywista ich wielkość? **)

Wystawiając sobie linie *l* i *n* w położeniu, jakie w przestrzeni zajmują, otrzymujemy przez umieszczenie oka w należytéj pozycyi (§. 11) naprzeciwko *A* w odległości *AO* i połączenie jego z punktem zbiegu l_z promień zbiegu linii *L*. Sama prosta *L* przechodzi przez ślad tłowy l_t i jest do wyznaczonego w przestrzeni promienia zbiegu równoległą. Tak samo linia przez oko i n_z idąca przedstawia promień zbiegu linii *N*, do którego równolegle przez n_t przechodzi linia *N* w przestrzeni.

Przesunięte przez oko dwa promienie zbiegu Ol_z i On_z są tedy równoległe do odpowiednich prostych *L* i *N* w przestrzeni. Na podstawie wyż przytoczonego twierdzenia geometrycznego promienie zbiegu zamkną przeto kąt równy kątowi zawartemu między prostymi *L* i *N* w przestrzeni. Kąt ten przedstawiłby po wykreśleniu prawdziwą wielkość kąta, którego perspektywę przy α_1 i α_2 naznaczono. Rysunkiem przedstawić on się wprawdzie bezpośrednio nie da, bo między promieniami widzenia zawarty i mając wierzchołek przy oku (naprzeciwko *A*), znajduje się niejako w powietrzu, ale jeżeli sobie uprzytomnimy, że oba promienie zbiegu przecież razem z okiem na płaszczyźnie horyzontu leżą, to możemy tę płaszczyznę i cały kąt przez obrót około linii *HH* (jakoby około zawiasów) na tło położyć. Oko znajdzie się w O_0 (§. 10); cała linia *HH*, przeto i punkty l_z i n_z na niéj leżące położenia swojego nie zmienią, sam kąt zaś wyszedł wprawdzie z dawnego położenia ale zatrzymał swą wielkość.

Promienie widzenia (łatwo je unaocznić laseczkami od oka do l_z i n_z dążącymi §. 11), przedtém w powietrzu, znajdą się teraz na tle. Są to proste Ol_z, On_z, a kąt α między nimi zawarty, równy kątowi zamkniętemu między *L* i *N*, (wykazano to powyżéj) przedstawia prawdziwą wielkość perspektywicznych kątów α_1 i α_2.

Pyt. Jak wielkim jest kąt β_1 (fig. 34), który zamyka prosta *m* z linią *pp* równoległą do *PP*?

Wykr. Przesuniemy jak poprzód przez *O* dwa promienie zbiegu do punktów zbiegu obu tych prostych. Jednym z nich jest wyrysowana już prosta Ol_z, drugi wychodzi z *O* do punktu

---

*) Na podstawie twierdzenia geometryi elementarnéj, wykazującego równość kątów α_1 i α_2, powstałych przez przecięcie prostych równoległych *l* i *m* trzecią prostą *n*. To samo przedstawia fig. 34 perspektywicznie.

**) Rozwiązanie tego zagadnienia opiera się na następującém twierdzeniu geometryczném: »Jeżeli przez punkt D_1 (fig. 34) przesuniemy dwie proste $D_1B_1 // DB$, $D_1C_1 // DC$, to przy D_1 powstający kąt α_1 jest właśnie tak wielki jak kąt α przy *D*.

zbiegu prostéj pp, t. j. do punktu przecięcia się jéj z horyzontem. Prosta zaś z O dążąca do punktu przecięcia się linii pp z horyzontem musi być do horyzontu równoległą. Linia $OP//HH$ jest przeto promieniem zbiegu drugiego ramienia kąta, w β_1 perspektywicznie przedstawionego, którego prawdziwą wielkością jest kąt β między dwoma promieniami zbiegu obu ramion przy O zawarty. W obec tego rozumie się, że i kąt β_2, zamknięty między prostą m a linią podstawową PP, równa się temu samemu kątowi β przy O.

§. 28. Zadanie odwrotne §fu poprzedzającego. l jest perspektywą prostéj położonéj na pł. podstawy, należy wyznaczyć przy a kąt perspektywiczny α_1 o danéj prawdziwéj wielkości a.

Wykreślona Ol_z (fig. 35) jest jedném ramieniem kąta z wierzchołkiem w O, gdzie się wedle figury poprzedniéj prawdziwa wielkość kąta przedstawia. Rysując przy Ol_z w punkcie O kąt równy danemu kątowi α, otrzymujemy drugi promień zbiegu On_z, a na horyzoncie punkt zbiegu n_z dla drugiego ramienia n. Prosta łącząca an_z jest perspektywą drugiego ramienia perspektywicznego kąta α_1, będącego perspektywą danego kąta α.

Zag. 38. Czy inne kąty α_2 α_3 fig. 35 są w rzeczywistości równe kątowi α, a jeżeli tak, dla czego?

39. Jak wielkie są kąty β_1, β_2, β_3?

40. Czy są między sobą równe, a jeżeli tak, dla czego?

41. W punkcie M narysować prostą zamykającą z linią PP kąt α.

Wykr. Wedle poprzedzającego §fu rysujemy $OP//PP$ jako promień zbiegu ramienia PP i kreślimy przy O drugie ramię Om_z kąta α. Punktem zbiegu tego ramienia jest właśnie m_z. Prosta łącząca Mm_z jest perspektywą linii, zamykającéj z linią PP żądany kąt α. Każda inna przez m_z przechodząca prosta, n. p. r, zamyka z linią podstawową w punkcie przecięcia się z nią ten sam kąt α.

Na wywodach §§. 27 i 28 opiera się wielce w perspektywie ważne twierdzenie: Prawdziwa wielkość kąta można wyłącznie tylko odcinać przy oku, sprowadziwszy je dla możności rysowania obrotem około HH na tło.*)

§. 29. Równoległobok geometryczny podobny do perspektywicznie danego. Na zapytanie tyczące się kątów równoległoboku $abcd$ (fig 33) da się teraz w zupełności odpowiedzieć: Fig. 36 przedstawia perspektywę równoległoboku $bcde$, w którym kąty b i d są sobie (perspekty-

*) Seeberger »Principien der Perspective« München 1879 str. 10.

wicznie) równe. Z wykreślenia promieni zbiegu Oz_1 i Oz_2 powstaje kąt z_2Oz_1, który jest prawdziwą tych kątów wielkością. Kąty *c* i *e* są sobie także (perspektywicznie) równe, a ich prawdziwą wielkość przedstawia oczywiście kąt między tymi samymi promieniami zbiegu zawarty, ale pierwszemu przyległy, t. j. kąt z_1Ox.

Równoległobok ten narysowany sam na tle, przedstawiłby się przeto w postaci znakowanéj literami *BCDE*, gdzie się jednak stosunek długości boków na razie określić nie da. Oznaczony jest tylko ich kierunek, a mianowicie $CD // BE // Oz_2$; $BC // DE // Oz_1$.

Pyt. Jaki kąt zamykają między sobą przekątne?

Wykr. Widząc w *r* wierzchołek tego kąta, szukamy punktów zbiegu z_3 i z_4 obu przekątnych. Utworzony przez połączenie punktów z_3 i z_4 z punktem *O* kąt z_3Oz_4 jest prawdziwą wielkością kąta między przekątnymi.

Za pomocą przekątnych można na tle narysować równoległobok *BCDE* poprawnie już i ze względu na stosunek długości boków. Wypada tu zacząć wykreśleniem odcinku *BC* równoległego do Oz_1 (fig. 36) o dowolnéj długości, który wyobraża pewien stosunek do rzeczywistéj wielkości perspektywicznego odcinku *bc**). Jeżeli chodzi o wyznaczenie rozmiaru boku *CD* tak, aby odcinek *CD* do rzeczywistéj długości perspektywicznego odcinku *cd* zostawał w tymże samym stosunku, to wykreśla się przez *B* i *C* proste równoległe do Oz_2 i oznacza pozycyą przekątnych we figurze *BCDE*, rysując linie *BD* i *CE* równolegle do Oz_3 i Oz_4. Uzyskane w ten sposób punkty *C*, *D* stanowią brakujące wierzchołki równoległoboku, w którym linia *DE* wypadnie równoległą do *BC*, a stosunek boku *CD* do rzeczywistéj wielkości perspektywicznego odcinku *cd* jest taki sam, jak boku *BC* do odcinku *bc*. Równoległobok *BCDE* jest przeto do równoległoboku perspektywą *bcde* wyznaczonego podobny. (Ob. §. 23 w adnotacyi).

§. 30. **Czworobok geometryczny, podobny do danego perspektywicznie, o formie dowolnéj.** W ten sam sposób jak poprzednio równoległobok otrzymuje się także dowolną figurę prostokreślną, podobną do figury perspektywicznie danéj a na pł. podstawy leżącéj.

Zad. Jaki kształt posiada perspektywiczny czworobok *bcde*? (fig. 37).

Wykr. Otrzymawszy punkty zbiegu z_1, z_2, z_3, z_4, z_5, z_6,

*) Bynajmniéj nie długość równą rzeczywistéj długości perspektywicznego odcinku *bc*, bo ta nie jest dowolną.

boków i przekątnych przyjmujemy $BC // Oz_1$ jako odpowiadające długości bc;

kreśląc teraz:	otrzymuje się:
przez B linią równoległą do Oz_4 —	położenie boku BE;
przez C linią równoległą do Oz_6 —	położenie przekątnéj CE, a z obu prostych BE i CE punkt E.
przez C linią równoległą do Oz_2 —	położenie boku CD;
przez B linią równoległą do Oz_5 —	położenie przekątnéj BD, a z obu prostych CD i BD punkt D.

Z połączenia punktów E i D powstaje bok ED koniecznie równoległy do Oz_3; figura $BCDE$ jest do $bcde$ podobną.

§. 31. Zadanie odwrotne §^fu poprzedzającego. Wykreślenie jego łatwo da się teraz zrozumieć.

Zad. Wyznaczyć perspektywę figury podobnéj do $BCDE$ (fig. 38) narysowanéj na tle, jeżeli perspektywa punktu B ma wypaść w b.

Wykr. Z równoległéj do BC linii Oz_1 wypada z_1 jako punkt zbiegu perspektywy boku BC; łączy go się następnie z punktem b i znaczy na łączącéj obydwa te punkty prostéj odcinek perspektywiczny bc dowolnéj długości, odpowiadający rozmiarowi linii BC. Dla uzupełnienia reszty perspektywy

kreśli się:	i otrzymuje:
Oz_2 równolegle do CD, —	cz_2 jako położenie perspektywy boku CD;
Oz_5 równolegle do BD, —	bz_5 jako położenie perspektywy przekątnéj BD, a z obu prostych cz_2 i bz_5 perspektywę d punktu D;
Oz_4 równolegle do BE, —	bz_4 jako położenie perspektywy boku BE;
Oz_6 równolegle do CE, —	cz_6 jako położenie perspektywy przekątnéj CE, a z obu prostych bz_4 i cz_6 perspektywę e punktu E.

Z połączenia punktów e i d powstaje ostatni bok ed, którego punkt zbiegu z_3 połączony z O daje prostą Oz_3 do DE koniecznie równoległą.

§. 32. Kąt prosty. Jest on z pomiędzy wszystkich kątów dla rysownika najważniejszy.

Zad. Do prostéj l na pł. podstawy położonéj (fig. 39) wyrysować w a linią prostopadłą *).

Wykr. Wedle zasady §^fu 28 wykreśla się promień zbiegu Oz a w punkcie O kąt wynoszący 90 stopni, t. j. prosty, i przedłuża jego ramię do horyzontu. Otrzymany tam punkt zbiegu prostopadłéj do l prostéj znaczyć będziemy zawsze symbolem z_{90}. Prosta łącząca z_{90} z punktem a zamyka przy a z linią l kąt prosty, — jest do l prostopadłą.

Ponieważ kąty przy b, c, d, w czworoboku $abcd$ (powstanie jego widać z rysunku) są, jak łatwo pojąć, również kątami prostymi, jest przeto ten czworobok ($abcd$) prostokątem (perspektywicznym).

§. 33. Perspektywiczne przepołowienie kąta prostego niemniejszéj jest także wagi. Chodzi tu mianowicie o narysowanie perspektywy prostéj, dzielącéj kąt prosty przy a na dwie perspektywicznie równe części.

Na podstawie wyłożonych zasad łatwo zrozumieć, że po przepołowieniu linią prostą kąta prostego przy O, połączenie punktu przecięcia téjże prostéj i horyzontu z punktem a daje linią, dzielącą perspektywiczny kąt prosty przy a na dwie perspektywicznie równe sobie części. Każda z tych części jako połówka kąta prostego wynosi 45 stopni. Punkt zbiegu linii dzielącéj będziemy przeto znakować symbolem z_{45}.

§ 34. Rozpoznanie zasadniczéj różnicy między perspektywami równoległoboku i prostokąta. Nasuwa się o nią pytanie przy zestawianiu rysunku równoległoboku $abcd$ (fig. 33) z prostokątem $abcd$ (fig. 39). Co do kształtu, to geometrycznie obydwa te czworoboki są trapezoidami — a przecież scharakteryzowano pierwszy jako perspektywiczny równoległobok, drugi jako perspektywiczny prostokąt.

Otóż różnica leży właśnie w tém, czém się geometrycznie równoległobok $ABCD$ (fig. 40) od prostokąta $A_1B_1C_1D_1$ różni, t. j. w tém, że w równoległoboku kąty (mianowicie przeciwległe) są parami równe a żaden nie jest prosty, w prostokącie zaś są wszystkie sobie równe i wszystkie proste, — tylko że różnica ta w rysunku geometrycznym bezpośrednio występuje, podczas gdy w rysunku perspektywicznym trzeba dopiero konstrukcyą, na rozumowaniu opartą, różnicy téj dochodzić.

We fig. 41 widzimy bowiem dwa trapezoidy $abcd$, $a_1b_1c_1d_1$, o których za pomocą kątów (według wskazówek §^fu 27 przy O wykreślonych) nabywamy przekonania, że $abcd$ jest perspektywą równoległoboku, w którym jedna para kątów posiada wielkość $l_z Om_z$, druga zaś co do rozwartości równa się kątowi przyległemu $m_z Ox$, podczas gdy $a_1b_1c_1d_1$ jest perspektywą prostokąta, w którym wszystkie kąty są proste.

---

*) to znaczy, zamykającą z linią l kąt perspektywicznie prosty.

Postępując według §fu 30 możemy kształt figur *abcd* i $a_1b_1c_1d_1$ perspektywicznie danych oznaczyć. Potrzeba do tego jeszcze punktów zbiegu z_1 i z_2 dla przekątnych, które przez wykreślenie prostych *ac* i a_1c_1 otrzymamy. Proste *AB* i *AD*, równoległe do odpowiednich promieni zbiegu Om_z i Ol_z, zamykają kąt $\gamma = l_zOm_z$. Prosta $AC // Oz_1$ daje przekątną *AC*; po odcięciu dowolnéj długości *AB*, rysujemy przez *B* równoległą do *AD* aż do przekątnéj w *C*, a następnie $CD // AB$, przez co powstaje figura *ABCD*, do *abcd* podobna.

Kąty δ, ε figury *ABCD* odpowiadają podobnie znakowanym kątom o wierzchołku *O*.

W ten sam sposób rysujemy prostokąt $A_1B_1C_1D_1$ za pomocą odpowiednich promieni zbiegu.

Scharakteryzowano przeto oba czworoboki, ale tylko za pomocą oka, na tło w punkt *O* sprowadzonego. Gdyby punktu *O* nie było, t. j. gdyby odległość oka od tła wiadomą nie była, nie dałoby się różnicy téj wykazać, gdyż wyznaczenie prawdziwéj wielkości kąta perspektywicznie danego byłoby wówczas niemożebne.

Jeżeli n. p. przy *b* (fig. 42) wyznaczono perspektywicznie kąt między liniami *l* i *m* zawarty, to nie znając odległości oka, t. j. nie mając oznaczonego punktu *O*, niepodobna wykreślić do l_z i m_z promieni zbiegu, zamykających między sobą kąt, który prawdziwą wielkość kąta γ_1 przy *b* przedstawia.

§ 35. P e r s p e k t y w i c z n i e d a n y k ą t p r z e d s t a w i a p e r s p e k t y w ę k ą t a p r o s t e g o, r o z w a r t e g o l u b o s t r e g o; z a l e ż y t o o d w y m i a r u o d s t ę p u o k a. Dla odstępu bowiem AO_1 (fig. 42) kąt przy *b* jest perspektywą kąta prostego, t. z. że kąt zawarty między prostymi *L* i *M* w przestrzeni, który jest w i s t o c i e p r o s t y, przedstawiałby się oku będącemu naprzeciwko *A* w odległości AO_1 jako rozwarty l_zbm_z.

Dla odstępu oka AO_2 kąt przy *b* jest perspektywą kąta rozwartego o wielkości $l_zO_2m_z$, t. z. że kąt zawarty między prostymi *L* i *M* w przestrzeni, którego wielkość rzeczywista równa się $l_zO_2m_z$, przedstawiałby się oku naprzeciwko *A* w odległości AO_2 będącemu jako ten sam, co poprzód wspomniany rozwarty l_zbm_z.

Dla odstępu oka AO_3 nareszcie jest kąt przy *b* perspektywą kąta ostrego o wielkości $l_zO_3m_z$, t. z. że kąt zawarty między prostymi *L* i *M* w przestrzeni, którego rzeczywista wielkość równa się $l_zO_3m_z$, przedstawiałby się oku naprzeciwko *A* w odległości AO_3 będącemu znowu jako ten sam kąt rozwarty l_zbm_z.

Pyt. Jak należałoby się tu wyrazić, gdyby tło było płytą

szklaną, jak we fig. 5, §. 3, a perspektywa $l_z b m_z$ rezultatem mechanicznego rysunku, sporządzonego wedle §^{fu} 3?

Widać tedy dowodnie, że perspektywicznie wyznaczony kąt nie daje o rzeczywistéj jego wielkości należytego wyobrażenia, jeżeli odstęp oka nie jest stanowczo podany, gdyż rysunek figury 42 wykazał, że w perspektywie jako rozwarty się przedstawiający kąt $l_z b m_z$ mógł być, zależnie od odstępu oka, uważany jako perspektywa kąta prostego, rozwartego lub też ostrego.

§. 36. **Każdy kąt na tle perspektywicznie dany może być kątem perspektywicznie prostym.** Ponieważ kąt prosty z pomiędzy wszystkich kątów dla malarza jest najważniejszy, ciekawém będzie rozwiązanie pytania, czy i pod jakimi warunkami kąt dowolny na tle narysowany (jak n. p. przy a między prostymi l i m zawarty fig. 44) można uważać jako prosty (jako perspektywę kąta prostego), jeżeli znamy punkt oka A.

Łatwo zrozumieć, że odstęp oka AO dowolnym teraz być nie może, ale że punkt O na pionowéj Ax takie zająć musi położenie, aby promienie zbiegu, od niego do z i z_{90} dążące, zamykały między sobą kąt prosty.

Do znalezienia tego punktu posłuży twierdzenie geometryi elementarnéj, według którego każdy kąt (jak ACB, ADB, AEB fig. 43), którego wierzchołek (jak C, D, E) leży na obwodzie koła, a ramiona przechodzą przez końce średnicy AB, jest kątem prostym.

Przyjmując tedy długość $z\,z_{90}$ (fig. 44) za średnicę koła i wykreślając takowe, otrzymamy w punkcie przecięcia się jego obwodu z linią Ax szukamy punkt O. Kąt zOz_{90} jest kątem prostym. Perspektywicznie dany kąt zaz_{90} możemy przeto uważać jako prosty, ale tylko dla odstępu oka AO, wykreślonego sposobem powyższym.

We fig. 44 znajdujące się punkty zbiegu pod znakami z i z_{90}, charakteryzują kąt przy a, między l i m zawarty, jako kąt prosty (ob. fig. 39, §. 32).

Uwaga. Z kołem K przecina się linia Ax powyżéj HH jeszcze w punkcie O_1. Przez połączenie tego punktu z punktami z i z_{90} powstaje przy O_1 również kąt prosty. Długość AO_1 równa się jednak długości AO tak, że nowego odstępu oka nie otrzymujemy; punkt zaś O_1 wyznacza tylko pozycyą oka przeniesionego z pierwotnego położenia naprzeciwko A, w odległości AO od tła, obrotem około HH (wedle §. 27) na przeciwną stronę linii HH na tło. Gdyby tedy dogodniejszém było, n. p. dla braku miejsca, pod linią HH zamiast punktu O oznaczyć punkt O_1, to można to oczywiście bez narażenia się na jakiekolwiek niewłaściwości uczynić, gdyż w téj czy owéj pozycyi punkt

ten odległością swoją od A wyznacza tylko długość odstępu oka.

Rozumie się, że i którekolwiek inne dwie proste, mające punkty zbiegu w z i z_{90} (fig. 44) są do siebie prostopadłe. Tak n. p. l_1 i m_1 tworzą kąt prosty o wierzchołku a_1; l_2 i m_2 o wierzchołku a_2.

Gdybyśmy teraz na tém samém tle chcieli wykreślić inny kąt prosty, to już nie można obu ramion jego przyjąć dowolnie, ale tylko jedno, n. p. h.

W celu wykreślenia prostopadłéj do h w punkcie b (oko O dla tego tła jest już stale oznaczone) postępujemy wedle §fu 32. Otrzymujemy z_1 i $z_{1 \cdot 90}$ a prosta k łącząca b z punktem $z_{1 \cdot 90}$ tworzy z prostą h w punkcie b kąt prosty.

Zag. 42. Jaki jest kąt, którego ramiona mają punkty zbiegu w obu punktach odstępu D i D_1?

Uwaga. Rzecz §fu 36 pozornie natury czysto teoretycznéj jest niesłychanéj doniosłości dla malarzy. Dozwala ona artyście (co późniéj) przedmioty architektoniczne, zwykle o formach prostokątnych, według upodobania w kompozycyach tak grupować, a w razie potrzeby i zmieniać, ażeby zamierzony efekt, który artysta chcący być panem płótna z góry przecież przewidywać i obliczyć musi, w całości sprawiały *).

§. 37. Kąt prosty w perspektywie prostéj i skośnéj. Jeżeli kąt prosty zOz_{90} (fig. 45) obracamy około wierzchołka jego O, nie zmieniając jego wielkości, tak że zajmuje stopniowo położenie $z_1Oz_{1,90}$, $z_2Oz_{2,90}$, etc. to spostrzeżemy, że punkty zbiegu z i z_{90} obu ramion leżą zawsze po różnych stronach punktu A i że im bardziéj jeden z tych punktów do punktu oka A się zbliża, tém więcéj się drugi od tegoż oddala tak, że nareszcie z może zupełnie wypaść w punkcie A. Wtedy oczywiście drugie ramię zajmie położenie OX równoległe do HH**).

Spostrzega się tu od razu, że ze wszystkich pozycyj, jakie ramiona tego kąta prostego zająć mogą, tylko w jednéj jedno ramię przechodzi przez punkt A, a drugie jest do HH równoległe, w nieskończenie wielu pozycyach zaś mają oba ramiona, skośne względem HH, punkty zbiegu po różnych stronach punktu A.

Perspektywiczne przedstawienie kąta prostego w téj wyjątkowéj pozycyi AOX zowie się przedstawieniem kąta prostego w perspektywie prostéj; w któréjkolwiek zaś pozycyi ogólnéj n. p. zOz_{90}, przedstawieniem kąta prostego w perspektywie skośnéj.

---

*) Schreiber »Lehrbuch der Perspective« Leipzig 1875 str. 133.
**) Seeberger München 1879 str. 12.

Nie można przeto mówić o perspektywie prostéj i skośnéj jako o dwu równorzędnych działach téj nauki, gdyż już powyższy przykład wskazuje, że perspektywa prosta jest tylko szczegółowym wypadkiem perspektywy skośnéj (o czém w swoim czasie §. 39 dokładniéj). Mimo to jednak rozpoczyna się nauka od przedstawiania przedmiotów w perspektywie prostéj, a to wyłącznie ze względów dydaktycznych. Wypadek ten, jako znacznie łatwiejszy w traktowaniu od ogólnego wypadku perspektywy skośnéj, wprowadza przystępniejszym sposobem w dziedzinę téj nauki, a nie nastręczając na każdym kroku w samym zaraz początku różnorodnych trudności do zwalczania, oswaja z właściwościami konstrukcyjnymi i artystycznymi przedmiotu. Po nabyciu zaś niezbędnéj rutyny, a to przez sumienne przerobienie dostatecznéj ilości przykładów praktycznych, jeden już stanowczy krok naprzód pozwala od razu władać perspektywą skośną z wszelką świadomością rzeczy.

§. 38. *Kwadrat. Zadanie.* *ab* jest perspektywą jakiegoś odcinku *AB* linii prostéj, położonéj na płaszczyźnie podstawy (fig. 46), chodzi o narysowanie perspektywicznego kwadratu, którego jednym bokiem ma być właśnie *ab*.

Wykr. W szkicu geometrycznym (fig. 47) rysujemy z jednego boku *AB* kwadrat, kreśląc w *A* i *B* prostopadłe do *AB*; odciąwszy cyrklem długość boku *AB* na obu tych prostopadłych, łączymy otrzymane punkty *C* i *D* linią prostą. — W perspektywiczném wykreśleniu nie można się jednak na razie tym sposobem posłużyć, gdyż nie znamy dotąd środków umożebniających odcięcie danéj długości na pewnéj prostéj.

Można jednak geometrycznie i tak postąpić: Wykreśliwszy (fig. 47) przez A_1 i B_1 linie prostopadłe do A_1B_1, rysujemy w A_1 kąt mający 45 stopni i otrzymujemy punkt C_1. Odcinki A_1B_1 i B_1C_1 są sobie teraz bezsprzecznie równe. Rysując następnie z C_1 równoległą do A_1B_1, znajdujemy punkt D_1 jako czwarty wierzchołek kwadratu.

To wykreślenie da się i perspektywicznie wykonać.

W tym celu rysujemy prostopadłe az_{90} i bz_{90} do *ab* (§. 32) następnie przy *a* kąt o 45 stopniach (t. j. linią az_{45}, §. 33) i uzyskujemy punkt *c*. Przedłużenie linii *cz* daje bok *cd* równoległy do *ab*, a tém samém uzupełnia kwadrat. Proste *ac* i *bd* są przekątnymi kwadratu.

Pyt. Jak wielkim jest w rzeczywistości kąt, którego perspektywa przedstawia się przy *aod*?

Jeżeli prosta *ab* nie leży już na płaszczyźnie podstawy, ale gdzieś wyżéj, nad horyzontem, n. p. w a_1b_1, i ma ten sam punkt zbiegu *z*, to konstrukcyjne rozwiązanie tego zagadnienia przeprowadza się zupełnie tak samo jak poprzód, co i na rysunku uskuteczniono. Obydwa kwadraty *abcd* i $a_1b_1c_1d_1$ prócz

wielkości jeszcze tém się między sobą różnią, że pierwszy leży na podstawie, a więc pod płaszczyzną horyzontu, t. j. poniżéj oka, drugi nad płaszczyzną horyzontu, t. j. powyżéj oka, jak n. p. podłoga i sufit pokoju, w którym stoi lub siedzi człowiek.

Sprawa ta staje się tém jaśniejszą, skoro się przyjmie, że każdy z obu kwadratów jest poziomą ścianą jakiéj płyty kwadratowéj. Z rysunku fig. 48 łatwo spostrzéc, że na płytę *I* patrzymy z góry i widzimy jéj wierzch, jak n. p. wierzch deski lub belki ułożonéj na podłodze; na płytę *II* patrzymy przeciwnie z dołu i widzimy spód jéj, tak jak spód półki umieszczonéj nad głową na ścianie.

Dla lepszego wyjaśnienia téj kwestyi niech jeszcze posłuży przykład następujący: Fig. 49 przedstawia pewną ilość płyt kwadratowych jednakowéj wielkości. Wszystkie są na kształt szuflady wydrążone i stoją nad sobą w rozmaitych wysokościach. U szuflad I, II, III widzimy ich wierzch i wydrążenie, patrzymy niejako w ich wnętrze. Są one pod horyzontem, t. j. poniżéj oka. Numer V, VI wnętrza szuflad więcéj nie ukazuje, tylko gładki ich spód, bo przedmioty te znajdują się już po nad horyzontem, t. j. powyżéj oka. Daléj przekonujemy się z rysunku, że tak wierzchy jak spody tém wyraźniéj widać, im bardziéj oddalone są od horyzontu, a więc im się niżéj pod lub wyżéj nad horyzontem znajdują. Można przeto powiedzieć w ogólności, że poziome figury płaskie jednakowych rozmiarów w różnych wysokościach wydają się rozmaicie wielkie, a to tém węższe, im bliżéj płaszczyzny horyzontu, a tém szérsze, im daléj od niéj się znajdują.

Płyty IV[éj] nie widzimy ani z dołu ani z góry. Rysunek jéj przechodzi przez horyzont, płyta więc w przestrzeni nie leży ani nad ani pod okiem lecz przeszłaby w przedłużeniu przez oko samo.

Uwaga. Przekątne tych kwadratów we fig. 48 i 49 przechodzą wszystkie jako równoległe przez wspólny punkt zbiegu. Dla czego punkt ten posiada znak z_{45}?

Zag. 43. Jeżeli figura *abcd* (fig. 50) jest kwadratem, czém są inne figury, mające wierzchołki na przekątnych *ac* i *bd* a boki jak we fig. 50?

44. Narysować w podobny sposób kwadrat, którego jeden bok jest *ab* (fig. 51). Czém się różni ten kwadrat (ze względu na położenie boków swych) od kwadratu figury poprzedniéj? Do jakich punktów horyzontu dążą przekątne jego?

45. Wyrysować kwadrat, którego boki wszystkie zamykają z tłem 45 stopni. Co się da powiedzieć o kierunkach przekątnych jego?

§. 39. **Perspektywa prosta i skośna przedmiotów w ogólności.** Nawiązując do §. 37 da się teraz nazwą

techniczną zdeterminować różnicę zachodzącą w sposobie perspektywicznego przedstawienia jednakowych przedmiotów we figurach 23 i 24, 31 i 32 wyrysowanych.

Zaczniemy od ostatnich. Podstawy wszystkich filarów we fig. 31 i 32 są kwadratowe, podobnież kwadratem jest figura *abcd* w obu wypadkach. Kąty *cab* na pł. podstawy położone są tu i tam kątami prostymi.

We fig. 31 ramiona *ab* i *cd* są poziome i równoległe do tła, *ac* i *bd* jednak poziome i prostopadłe do tegoż. (Dla czego?) Kąt *cab* przedstawia się tu zatem w wyjątkowéj, w §. 37 nazwą perspektywy prostéj kąta prostego oznaczonéj pozycyi.

We fig. 32 narysowany kąt prosty, którego oba ramiona *ac* i *ab* mają punkty zbiegu z i z_{90} po różnych stronach punktu A na horyzoncie, oznaczono w §. 37 nazwą perspektywy skośnéj kąta prostego.

To samo da się powiedzieć o wszystkich innych kątach, których ramiona leżą podobnie jak ramiona kątów *cab*.

Pojęcie perspektywy prostéj i skośnéj, wysnute z rysunku perspektywy kąta prostego, rozszerzamy tedy na rysunek perspektywiczny całego przedmiotu i nazywamy rysunek przedstawiający przedmiot tak, jak go widać we fig. 31 rysunkiem w perspektywie prostéj, rysunek zaś fig. 32 rysunkiem w perspektywie skośnéj.

Ponieważ we fig. 31 płaszczyzny mieszczące na sobie te ramiona wszystkich kątów prostych, które mają położenie podobne do ramienia *ab* kąta *cab* (a więc proste *ef*, *gh*, e_1f_1, g_1h_1, *kl*, *np* etc) są równoległe do tła (ob. §. 24), we fig. 32 zaś te same płaszczyzny nie są równoległe ale ukośne względem tła, to pojęcie perspektywy prostéj i skośnéj także tak da się określić:

Jeżeli tło jest równoległe do pewnéj głównéj ściany pionowéj przedmiotu architektonicznego, to rysunek perspektywiczny tego przedmiotu na tém tle otrzymany zowie się rysunkiem w perspektywie prostéj, rysunkiem zaś w perspektywie skośnéj wtedy, jeżeli tło nie jest równoległe do żadnéj z głównych ścian pionowych przedmiotu.

Rozpoznanie, czy pewien przedłożony rysunek jest wykonany w perspektywie prostéj czy skośnéj, nie nastręcza trudności; jeżeli bowiem na nim występuje szereg prostych i między sobą i do poziomych ram obrazu geometrycznie równoległych, to perspektywa jest prostą, w każdym innym razie skośną.

Ściana przedmiotu (fig. 31) na któréj leżą proste, do ramienia *ac* równoległe, a więc do tła prostopadłe (jak ee_1, gg_1, *km*, *xn* etc), jest oczywiście sama prostopadłą do tła, podczas

gdy ściana mieszcząca na sobie te same proste we fig. 32 nie jest prostopadłą, ale pod jakimś kątem do tła nachyloną.

Z figur 23 i 24 widać, że krawędzie *as*, *ce*, *gi*, *df*, *hk* we fig. 24 między sobą i do poziomych ram obrazu są równoległe, ukośne zaś we fig. 23, mianowicie z punktem zbiegu *z*. Figura 24 wykonana przeto w perspektywie prostéj, w skośnéj zaś 23.

We figurze 24 są ściany *aces* i *gixy* równoległe, ściany zaś *acdmlb* i *ghn* prostopadłe do tła, we fig. 23 wszystkie te ściany pionowe są ukośne względem tła.

Linie wznoszące się *ab*, *cd*, *ef*, *gh*, *ik* i spadające *bl*, *dm*, *hn* we fig. 24 jako położone na płaszczyznach prostopadłych do tła, a więc równoległe do płaszczyzny pionu *V* (§. 16), mają punkty zbiegu na pionie *VV*, a mianowicie w punktach $+z_3$, $-z_3$, podczas gdy te same proste we fig. 23, jako nie położone w płaszczyznach prostopadłych do tła, a więc nie równoległe do płaszczyzny pionu, mają punkty zbiegu nie na pionie *VV* ale w punktach $+z_1$, $-z_1$, położonych na pionowéj wychodzącéj z z_{90}. Jest to właśnie punkt zbiegu linij poziomych *oq*, *al*, *cm*, leżących na téj saméj płaszczyźnie co proste *ab*, *cd*, *ef*, *bl*, *dm*.

Różnica ta zostaje w związku z istotą perspektywy prostéj (fig. 24) i skośnéj (fig. 23) i na tę właśnie okoliczność zwracano uwagę w §. 18.

V.

Perspektywiczne mierzenie odcinków linij prostych. (Perspektywiczne skale).

A) Perspektywiczne szerokości. (Skale szerokości).

§. 40. Rzeczywista wielkość prostych na tle i równolegle doń położonych. Powiedziano w samym początku (§. 2), że perspektywy przedmiotów wypadną tém mniejsze, im daléj się dotyczący przedmiot od oka a więc i od tła znajduje; w miarę zbliżania się zaś przedmiotu do tła powiększa się także rozmiar jego perspektywy. Jeżeli wreszcie oddalenie przedmiotu od tła staje się zerem, t. j. jeżeli przedmiot na tle umieścimy, jak n. p. rycinę jaką, to wtedy perspektywa tego przedmiotu, otrzymana przez przerysowanie téj ryciny na tle (gdyby niém była płyta szklana), będzie oczywiście tak dużą, jak przedmiot sam, czyli przedstawi się — jak powiadamy — w swéj prawdziwéj wielkości.

Każdą prostą po za tłem leżącą, a do tła równoległą, która zatem w perspektywie mniejszą wypadnie, niż jest w istocie, można przez zbliżenie jéj do tła na tle umieścić i tém samém prawdziwą jéj wielkość rysunkiem oznaczyć,

a to na mocy prawidła, że prosta na tle położona jest swoją własną perspektywą (§. 4) i w prawdziwéj długości się przedstawia.

§. 41. Kierunek perspektywicznéj szerokości i głębokości. Zagłębienie punktu i linii. Jeżeli tedy na linii *PP* (fig. 52) odetniemy równe między sobą odcinki *XB*, *BC*, *CD* etc, to jako położone na *PP* leżą one zarazem na tle, są swymi własnymi perspektywami i są właśnie tak długie, jak się na rysunku przedstawiają. Z połączenia ich końców z punktem *A* powstaje pewna ilość linij równoległych, prostopadłych do tła, leżących na płaszczyźnie podstawy. (Dla czego?)

Obrawszy na prostéj *XA* punkt *x*, otrzymamy po wykreśleniu linii *xS*//*PP* punkty *b*, *c*, *d* etc. Kierunek *xS*//*PP* zowie się kierunkiem perspektywicznéj szerokości, kierunek *XA* zaś, prostopadły do tła (mierzymy w nim odległość punktu *x* od tła) kierunkiem perspektywicznéj głębokości lub perspektywicznego zagłębienia (§. 13).

Czworoboki *XxBb*, *BbCc*, *CcDd*... są prostokątami (§. 26), przeto boki *xb*, *bc*, *cd*... są kolejno bokom *XB*, *BC*, *CD*... perspektywicznie równe, geometrycznie zaś mniejsze, podczas gdy boki *Xx*, *Bb*, *Cc*, *Dd*... wszystkie między sobą perspektywicznie są równe (§. 26). Punkty o perspektywach *x*, *b*, *c*, *d*... można przeto scharakteryzować jako położone na podstawie a za tłem, w zagłębieniu przedstawionem liniami *Xx*, *Bb*, *Cc*, *Dd*... perspektywicznie równymi.

W obec téj równości zagłębień punktów *x*, *b*, *c*, *d*... położonych na prostéj *xS* równoległéj do tła, można mówić o zagłębieniu i linii *xS* saméj i oznaczyć je przez wyrażenie głębokości któregokolwiek z jéj punktów. Zamiast tedy powiedzieć: Linia *xS* jest równoległą do tła i oddaloną od niego tyle co punkt *x*, zawsze użyć wolno krótszego wyrażenia: „Linia *xS* posiada zagłębienie *x*."*)

§. 42. Prawo perspektywicznéj szerokości odcinków jednako zagłębionych. Zastosowanie jego. Długość odcinku perspektywicznego zmierzona w pewnéj głębokości. Skale szerokości. Wracając do wyżéj omawianych prostokątów zwróćmy teraz uwagę na ich boki *xb*, *bc*, *cd*... a mianowicie: a) Na długości tychże porównane między sobą. Zrozumieć to łatwo, że jeżeli *XB*=*BC*=*CD*=... to i *xb*=*bc*=*cd*=.. czyli boki *xb*, *bc*, *cd*.. są między sobą geometrycznie ró-

---

*) W tém wyrażeniu mieści się już pojęcie równoległości linii *xS* do tła, gdyż punkty linii nierównoległéj, t. j. ukośnéj do tła, mają każdy inne zagłębienie za tłem, a więc o jednostajnéj odległości linii takiéj od tła, t. z. o pewném jéj zagłębieniu, wcale mówić nie można.

wne. b) Na rzeczywistą długość reprezentowaną tymi bokami. Dochodzi się do niéj z uwagi, że bok xb jest perspektywicznie równy bokowi XB; ten zaś leży na linii PP a więc i na tle, jest przeto właśnie tak wielki, jak się przedstawia. Perspektywiczny odcinek xb reprezentuje zatem długość równającą się w rzeczywistości rozmiarowi XB; odcinki bc i cd zaś przedstawiają długości w istocie tak wielkie jak BC i CD. c) Na okoliczność jednakowego zagłębienia wszystkich tych boków. Leżą bowiem na prostéj xS równoległéj do tła (§. 41).

Z zestawienia ustępów a, b, c, wypływa przeto twierdzenie: Równe między sobą odcinki prostéj pozioméj, mające jednakowe zagłębienie, przedstawiają się w perspektywie na jednéj równoległéj do PP linii i mają jednakowe wymiary czyli są w perspektywie geometrycznie równo szerokie.

Zag. 46. Jak wielką przedstawia się szerokość XB w głębokości y?

Wykr. W narysowanéj w zagłębieniu y linii ys powstają punkty przecięcia x_1, b_1, c_1, d_1... Nowo uzyskane figury są, jak czworoboki z wykreślenia xS powstałe, perspektywicznymi prostokątami a odcinki x_1b_1, b_1c_1, c_1d_1... podobnież równymi między sobą szerokościami, w jakich się długości XB, BC, CD..., w zagłębieniu punktu y za tłem położone, perspektywicznie przedstawiają.

Gdyby na linii ys należało odciąć jeszcze kilka części, równych odcinkowi XB w rzeczywistości, to da się to uskutecznić już bez pomocy linii PP, mianowicie na zasadzie, że części o prawdziwéj długości XB, w głębokości y odcięte, muszą być jednakowo szerokie; odcinamy tedy wprost cyrklem $c_1d_1 = d_1e_1 = e_1f_1 = \dots$ jakoteż w razie potrzeby po lewéj stronie $x_1b_1 = x_1g_1 = g_1h_1 = \dots$ w dowolnéj ilości. Okoliczność ta jest, jak następujący §. okaże, bardzo ważną.

Proste Ac_1 i Ad_1 przedłużone odcinają w głębokości x odcinek cd, równający się xb i bc, na PP zaś odcinek CD, równający się XB i BC. O odcinku CD mówimy, że jest rzeczywistą wielkością perspektywicznego odcinku c_1d_1; o odcinku cd zaś, że jest to długość perspektywicznego odcinku c_1d_1 zmierzona w głębokości punktu c. Wyrażenie to znajdzie często zastosowanie.

Podziałki tego rodzaju, jak na prostych xS, x_1s wyrysowane, służące do odcięcia pewnych szerokości w rozmaitych głębokościach, zowią się perspektywicznymi skalami szerokości.

§. 43. Zastosowanie skali szerokości w razie ujętéj w ramy płaszczyzny obrazu, po za którymi rysować nie można. W praktyce malarskiéj posiada tło

pewien ściśle w kształcie prostokąta ujęty rozmiar, którego boki stanowią krawędzie (ramy) obrazu. Dolna krawędź jest to zazwyczaj linia podstawowa *PP* (choć nie zawsze, o czém późniéj) a punkt oka *A* mieści się, jak niżéj obaczymy, w jednakowéj odległości od obu ram pionowych obrazu. Wszystkie wykreślenia perspektywiczne powinny teraz mieścić się w obrębie prostokąta obrazu, gdyż najczęściéj niełatwo o przedłużenie płaszczyzny tegoż.

Jeżeli tedy w głębokości punktu *x* (fig. 53), od *x* poczynając, należy perspektywicznie odciąć w kierunku szerokości ku prawéj długość *MN*, dajmy na to cztéry razy, kreślimy *Ax* aż do *X* i odcinamy na *PP* długość *MN*, mieszczącą się w *XB* i *BD* w obrębie obrazu tylko dwa razy. Z wykreślenia *BA* i *DA* powstaną *xb* i *bd* jako odcięte szerokości w zagłębieniu *x*. Linia *PP* nie da się wprawdzie przedłużyć, można jednak w celu otrzymania reszty dwóch odcinków długość $xb=bd$ cyrklem wprost daléj przenieść, odcinając $bd=de=ef$, a to na podstawie wyłożonéj w §. 42 zasady.

Gdyby wypadło od punktu *x* ku lewéj te same długości odcinać, a na linii *PP* z braku miejsca nawet jednokrotna długość *MN* od *X* ku lewéj by się nie mieściła, to wiedząc z góry, że ta długość w głębokości *x* musi się równać *xb*, możemy ten odcinek cyrklem znowu wprost przenieść, rysując $xb=xg$. Jeżeli zatem nie ma dostatecznie miejsca po jednéj stronie punktu *X* na *PP*, możemy za pomocą części po drugiéj stronie otrzymanych żądanego wykreślenia dokonać.

Gdyby chodziło o odcięcie po obu stronach długości *RS* w zagłębieniu *y*, od punktu *y* poczynając, długości, która na linii *PP* od punktu *Y* nawet raz się nie mieści, to odcina się na *PP* od *Y* długość *US* równą n. p. jednéj trzeciéj części *RS*, a więc $YC=US$. Otrzymane tak *yc* równa się podobnie jednéj trzeciéj żądanego w głębokości *y* odcinku. Z przeniesienia téjże *yc* cyrklem wprost na *ch* i *hk* wynika *yk*, perspektywicznie równe długości *RS*. Odcięciem $yk_1=yk$ przenosi się długość *RS* perspektywicznie na drugą stronę.

Odcinek *RS* można oczywiście zamiast na trzy podzielić na dowolną ilość równych części. Im mniéj, tém lepiéj. W rysunku podzielono go na trzy, bo połowa *RS* byłaby się na *PP* od *Y* zacząwszy nie zmieściła.

§. 44. *Zagadnienia. 47.* Od punktu *m* ku prawéj odciąć perspektywicznie szerokość daną *MN*.

Wykr. Rysujemy *Am* (fig. 54) a przedłużywszy ją do *M* odcinamy na *PP* długość *MN*. Wykreślenie *NA* daje perspektywiczną szerokość *mn*.

Gdyby wypadło tę samę szerokość *MN* perspektywicznie odciąć od *p* na prawo, a linia *Ap* nie przecięła linii *PP* w obrębie obrazu, wykreśla się linią *ps*. Otrzymaną tak *rs*, jako od-

powiednią szerokość w głębokości p, przenosimy cyrklem na pq, gdyż według §. 42 przenoszenie takie jest dozwolone. I tu tedy niemożność przedłużenia linii PP po za granice obrazu nie staje na przeszkodzie.

Rozumie się, że mając od punktu c na prawo odciąć perspektywicznie szerokość równą podwójnéj długości MN, znaczymy fg i odcinamy cyrklem $cd=2fg$. Odcinek cd jest podwójną długością MN, odciętą w głębokości c.

48. Podzielić perspektywicznie odcinek mn na trzy równe części.

49. Od punktu h na lewo odciąć perspektywicznie połowę MN.

50. Jak wielki jest perspektywiczny odcinek uv w rzeczywistości? (§. 42). Jak wielki odcinek wz, jak wielką ćwierć jego w rzeczywistości?

(NB. Przedłużenie linii PP po za granice obrazu jest niedozwolone).

51. Narysować przy b_1 (fig. 55) prostokąt w rzeczywistości przystający do prostokąta $bcde$.

Wykr. Rysujemy $b_1h // PP$ a długość gh, równą bokowi bc, przenosimy cyrklem na b_1c_1 (§. 42). Kreślimy Ab_1 i Ac_1 w kierunku zagłębienia, a nie mogąc jeszcze wprost przenieść głębokości be na drugi prostokąt, kreślimy przekątną ce do horyzontu. Punkt z jest punktem zbiegu téj przekątnéj, a ponieważ drugi prostokąt jest bokami równolegle ustawiony do odpowiednich boków pierwszego, to i przekątne jego muszą do przekątnych pierwszego być równoległe, t. j. mieć wspólne z nimi punkty zbiegu. Łączymy przeto punkt z z punktem c_1 i na téj przekątnéj, odpowiadającéj przekątnéj ce pierwszego prostokąta, otrzymujemy punkt e_1. Prosta $d_1e_1 // PP$ uzupełnia prostokąt $b_1c_1d_1e_1$. Przekątna bd ma punkt zbiegu w z_1, do którego przeto druga przekątna b_1d_1 dokładnie dążyć musi.

§. 45. Każdy punkt horyzontu da się użyć do wyznaczania rzeczywistéj długości danego w zagłębieniu odcinku o kierunku perspektywicznéj szerokości. Czworobok $BbCc$ (fig. 56) jest równoległobokiem, a mianowicie dwa boki BC, bc są równoległe do PP, drugie dwa mają punkt zbiegu w Q. Boki przeciwległe BC i bc są sobie perspektywicznie równe, a ponieważ BC leży na PP, przeto jest rzeczywistą długością perspektywicznego odcinku bc.

Połączenie b i c z dowolnym innym punktem horyzontu, Q_1, i przedłużenie tych łączących prostych aż do linii podstawowéj daje na PP odcinek B_1C_1. Odcinek ten (jako na PP położony) przedstawia oczywiście również prawdziwą długość odcinku bc; BC i B_1C_1 są przeto geometrycznie równe.

Każdy inny punkt horyzontu, użyty podobnie jak Q i Q_1, wyznacza na *PP* rzeczywistą długość odcinku *bc*.

Wynik ten jest wielkiéj wagi, gdyż zwalnia od zawisłości od punktu *A* dotąd używanego. Tak może dla odcięcia perspektywicznych szerokości każdy punkt na horyzoncie być użyty i obrany dowolnie a jak najdogodniéj.

Mając przeto oznaczyć prawdziwą długość *de* (fig. 56) obierzemy punkt Q_2 jako dogodny, rysujemy Q_2d i Q_2e i otrzymujemy, z ram obrazu nie wychodząc, linią *DE* jako rzeczywistą długość odcinku *de*.

Zag. *52.* Od *m* na lewo (fig. 56) odciąć długość *MN*

53. Prostą *fg* podzielić na cztery równe części i wyznaczyć prawdziwą długość jednéj ćwiartki.

B) Perspektywiczne wysokości. (Skale wysokości).

§. 46. Streszczenie §§. 40, 41, 42 jako dosłownie stosujących się także do skal wysokości. Jeżeli przez punkt *X* fig. 57 (w którą jako część wchodzi powtórzona fig. 52) leżący na *PP*, narysujemy prostą pionową *XW*, to łatwo się przekonać, że ta prosta leży cała na tle. Na téj prostéj odcinamy równe między sobą części *XE*, *EF*, *FG*... Odcinki te, jako leżące na tle, są tak wielkie, jak je w rysunku widzimy, czyli przedstawiają się w prawdziwéj wielkości. Połączenie punktów *E*, *F*, *G*... z punktem oka *A* daje pewną ilość linij równoległych, do tła prostopadłych, a wykreślona z punktu *x* prosta *xw*//*XW* wyznacza punkty *e*, *f*, *g*...

Idący w górę kierunek linii *xw*, pionowy, a więc tak jak kierunek szerokości do tła równoległy, zowie się kierunkiem perspektywicznéj wysokości, podczas gdy kierunek prostych *Ee*, *Ff*, *Gg*... jak *Xx* do tła prostopadłych, jest kierunkiem perspektywicznego zagłębienia. (Ob. i porównaj z §fem 41).

Czworoboki *XxEe*, *EeFf*, *FfGg*... są prostokątami pionowo postawionymi, podobnie jak we fig. 52 *XxBb*, *BbCc*... były prostokątami poziomymi. Boki *Xx*, *Ee*, *Ff*, *Gg*... tych prostokątów są wszystkie między sobą perspektywicznie równe; linią *xw* do tła równoległą można przeto w obec równości zagłębień punktów *x*, *e*, *f*, *g*... scharakteryzować taksamo, jak w §. 41 linią *xS*, i powiedzieć:

Linia *xw* posiada zagłębienie *x*.

Co do reszty boków w prostokątach *XxEe*... to boki *xe*, *ef*, *fg*... są kolejno bokom *XE*, *EF*, *FG*... perspektywicznie równe (geometrycznie zaś mniejsze). W ogóle wszystko, co

w §. 42 pod a, b, c, mówiono, stósuje się dosłownie i tutaj*); da się przeto bezpośrednio wypowiedzieć twierdzenie: Równe między sobą odcinki prostéj pionowéj, (mają one jednakowe zagłębienie) przedstawiają się w perspektywie na jednéj prostopadłéj do *PP* linii i mają jednakowe wymiary czyli są w perspektywie geometrycznie równo wysokie.

Podziałki tego rodzaju, jak na prostych xw, x_1w_1.., służące do odcięcia pewnych wysokości w rozmaitych głębokościach, zowiemy perspektywicznymi skalami wysokości.

Ponieważ tedy twierdzenie zasadnicze, tyczące się perspektywicznych szerokości i do perspektywicznych wysokości dosłownie stósuje się, przeto wszystkie z niego wypływające zadania wykreślne w wypadkach szczegółowych na krótkiém tylko rozpatrzeniu bez ponownego uzasadnienia poprzestać muszą; zwróci się jedynie uwagę na odpowiadające im, a już przerobione kreślenia w §§. 42—44.

§. 47. *Zag.* *54.* Jak wielką się przedstawia wysokość XE w zagłębieniu x_1? (fig. 57).

Wykr. Po narysowaniu prostéj $x_1w_1 // XW$ wyjdzie x_1e_1 jako żądana wysokość (§. 42).

55. Mając na linii x_1w_1 jeszcze kilka takich części jak XE wyznaczyć, odcinamy $e_1f_1 = f_1g_1 = g_1h_1 = h_1k_1 = k_1l_1 = ...$ cyrklem (§. 42).

56. Przez przedłużenie prostych Af_1, Ag_1 do XW otrzymamy tu odcinek $FG = XE$ przedstawiający oczywiście prawdziwą długość perspektywicznéj wysokości f_1g_1 (§. 42). Na xw zaś wypadnie $fg = ef = xe$ o czém się wyrażamy, że jest to długość perspektywicznego odcinku f_1g_1, zmierzona w głębokości punktu f (§. 42).

57. Od punktu m (fig. 58) na pł. podstawy położonego odciąć, postępując w górę, wysokość MN.

Wykr. Rysując Am, przedłużamy ją do M i odcinamy na pionowéj MW długość MN. Odcinek mn zawarty między MA i NA jest żądaną perspektywiczną wysokością (§ 44).

58. Gdyby należało od punktu p na pł. podstawy, postępując w górę, odciąć tę wielkość, to można, gdyby linia Ap nie przecięła PP w obrębie obrazu (§. 44), narysować $pq // PP$. Punkt q ma teraz tę samę głębokość co p; kreślimy zatém qr jako wysokość odpowiadającą długości MN w głębokości q, przenosimy cyrklem qr na ps i rozwiązujemy tak zagadnienie.

---

*) należy tylko wymienione tam sprawy dokładnie i systematycznie tu powtórzyć, aby z świadomością rzeczy i uniknięciem wszelkiego mechanizmu zaznaczone twierdzenie zrozumieć.

§. 48. Każdy punkt horyzontu da się użyć do wyznaczania rzeczywistéj długości danego w zagłębieniu odcinku o kierunku perspektywicznéj wysokości. Mając wyznaczyć prawdziwą wielkość perspektywicznéj wysokości *mn* (fig. 59) a nie mogąc do tego użyć punktu *A* z przyczyny, że prosta *Am* linii *PP* nie przetnie w obrębie rysunku, łączymy *m* z dowolnym punktem *Q* horyzontu i przedłużamy prostą *Qm* do *PP*. Kreśląc następnie *MW* i *Qn*, otrzymujemy równoległobok *MmNn*. Z boków *MN* i *mn* przeciwległych, a jako takich równych sobie, przedstawia *MN* na tle położony prawdziwą długość perspektywicznego odcinku *mn*.

W celu oznaczenia prawdziwego wymiaru perspektywicznéj wysokości możemy przeto niezależnie od *A*, za pomocą dogodnie obranego na horyzoncie punktu *Q*, wyznaczyć odpowiednią linią na tle położoną *MW*, a na niéj *MN* jako prawdziwy wymiar odcinku *mn*. (Por. §. 45, fig. 56).

Jeżeli teraz między dwiema prostymi równoległymi RQ_1, SQ_1, mającymi punkt zbiegu w Q_1 na horyzoncie, narysujemy kilka prostych pionowych, jak *rs*, r_1s_1, r_2s_2..., zrozumiemy łatwo, że wszystkie te proste są między sobą perspektywicznie równe a w rzeczywistości tak długie jak *RS*. Okoliczność ta nabiera szczególniejszéj wagi przy przedstawianiu perspektywicznéj wysokości figur ludzkich, znajdujących się w rozmaitych zagłębieniach a na téj saméj płaszczyźnie pozioméj.

§ 49. Zastosowanie zasady poprzedzającego §fu do przykładu praktycznego. Widzimy je we fig. 60*), która przedstawia znaną legendę o podkowie i czereśniach.

Uważając teren, na którym figury stoją, za mniéj więcéj poziomy, przyjmujemy wysokość Chrystusa, jako najbliżéj tła będącego, za miarę przy ocenianiu figur innych. Aby oznaczyć wysokość postępujących obok siebie dwu apostołów, kreślimy przez stopę Chrystusa i stopę jednego z tych apostołów linią, która dosięga horyzontu w punkcie *K*. Linia prosta z *K*, dotykająca głowy Chrystusa, musi dotykać i głowy apostoła i wyznacza wysokość perspektywiczną téj figury i figury obok (w tém samém zagłębieniu) stojącéj.

Obydwie te proste do *K* idące mogą teraz służyć za skalę wysokości dla figur innych. Aby mianowicie otrzymać wysokość kobiéty z dzieckiem, rysujemy przez jéj stopę równoległą do horyzontu aż do *k*, — pionowa *kl* przedstawia już perspektywiczną wysokość téj figury.

---

*) Wyjęto ją z dzieła Schreibera «Lehrbuch der Perspective».

Przez stopę i głowę apostoła znajdującego się przy zakręcie drogi kreślimy dwie proste do punktu zbiegu F na horyzoncie i otrzymujemy w ten sposób perspektywiczne wysokości figur najgłębiéj za tłem postawionych.

Rozumie się samo przez się, że od otrzymanych tak wysokości można przy poszczególnych osobach o tyle zbaczać, o ile w ogóle ludzie nie są zupełnie jednakowego wzrostu.

§. 50 Odcięcie danéj wysokości począwszy od punktu nad płaszczyzną podstawy położonego. Postępowanie i w tym wypadku żadnéj nie ulega zmianie. Mając bowiem na prostéj pionowéj o głębokości x (fig. 61) odciąć od położonego n a d podstawą punktu m w górę wysokość równą MN, łączymy A (albo którykolwiek inny punkt horyzontu §. 48) z punktem x a otrzymawszy XW kreślimy Am do M. (Czém jest teraz XM?) Następnie odcinamy na linii XW długość MN, a łącząc N z punktem A na horyzoncie otrzymamy w mn żądaną wysokość.

§. 51. Równe odcinki w jednakowém zagłębieniu są w perspektywie równe wielkością, bez względu czy mają kierunek szerokości czy wysokości. Zastosowania. Jeżeli długości odcięte na tle, mianowicie XB i XE (fig. 57) są sobie równe, natenczas na podstawie podobieństwa trójkątów: XBA i xbA, XEA i xeA łatwo wyprowadzić, że i $xb=xe$ (geometrycznie). Z tego wypływa twierdzenie: Równe między sobą długości, umieszczone w jednakowém za tłem zagłębieniu, czy to w kierunku szerokości czy też wysokości, mają i perspektywy między sobą geometrycznie równe.

Na rysunku są sobie odcinki xb i xe geometrycznie równe. Są one perspektywami odcinków, co do długości jednakowych, ułożonych w zagłębieniu punktu x za tłem, a mianowicie jeden z nich w kierunku szerokości, drugi w kierunku wysokości.

Zad. 59. W głębokości m (fig. 62) znajduje się na podstawie wierzchołek kwadratu pionowego, a więc równoległego do tła; rzeczywista długość boku jego równa się MN. Narysować ten kwadrat perspektywicznie.

Wykr. Rysujemy Am do M, odcinamy długość MN i otrzymujemy mn jako perspektywę boku, mającego kierunek perspektywicznéj szerokości. Drugi bok mp musi mieć kierunek wysokości a długość również MN. W celu odcięcia tego MN nie potrzeba teraz już osobnéj konstrukcyi, ale na podstawie przytoczonego poprzednio twierdzenia odcinamy cyrklem $mp=mn$ i otrzymamy bok kwadratu, mający kierunek wysokości. Rysunek uzupełnia wreszcie boki pq i nq.

60. Punkt r na pł. podstawy jest wierzchołkiem prostokąta, którego boki mają kierunek szerokości i wysokości. Długość

boku w kierunku szerokości od r ku prawéj ma być równa MN, wysokość zaś prostokąta równać się dwukrotnéj wysokości kwadratu.

Wykr. Rysujemy $rs=fg$ jako szerokość prostokąta, (dla czego?) następnie fk jako wysokość mp w głębokości f (§. 47) i odcinamy $rt=2\times fk$, (dla czego?); $rstu$ jest żądanym prostokątem.

61. Jak wielką jest rzeczywista wysokość tego prostokąta? Czy $2\times MN$? (Dla czego?)

62. Ile razy mieścić się musi dokładnie rs w rt?

63. Rozwinięte w tym §. zagadnienia porównać z §. 23, a zastanowiwszy się nad jego treścią, wysnuć z niego wnioski wykazujące, iż twierdzenie §fem 51 objęte jest tylko wynikiem twierdzenia §fu 23.

C) Stosowanie teoryj perspektywicznych szerokości i wysokości do praktycznych przykładów.

§. 52. Rysunkowe przeniesienie danych, na pł. podstawy stojących przedmiotów w dowolne zagłębienie. Przykład pierwszy. Przedmiot pionowy (czworościenny słup prostokątny fig. 63) stoi na pł. podstawy w głębokości punktu b; mamy narysować taki sam słup (co do wielkości i kształtu) w głębokości punktu b_1.

Wykreślamy przez A (lub inny punkt na horyzoncie) dowolną prostą AX a rysując $bx//PP$ przenosimy b w punkt x o równéj z nim głębokości (§. 47). Następnie kreślimy linią pionową xw i poziomą fl; xl jest teraz geometrycznie równe bf i przedstawia także wysokość słupa. Rysujemy lA i przenosimy punkt b_1 w punkt y (§ 47). Prostą yn, przedstawiającą wysokość przedmiotu w głębokości y, odcinamy jako b_1f_1.

Perspektywiczną szerokość b_1c_1 słupa stojącego w głębokości b_1 otrzymujemy przez przeniesienie odcinka hk, równego szerokości bc, za pomocą cyrkla w położenie b_1c_1. Z wierzchołków f_1, b_1, c_1 uzupełniamy rysunek prostokątny ściany pierwszéj.

Z tychże wierzchołków kreślimy następnie proste do A, a przedłużywszy przekątną ce aż do z na horyzoncie otrzymamy z połączenia punktu z z puntem c_1 wierzchołek e_1 prostokąta $b_1c_1e_1d_1$ (§. 44), który się uzupełnia. Pionowe z b_1, c_1, d_1, e_1, aż do odpowiedniéj wysokości, oznaczonéj już punktem f_1, uzupełniają rysunek słupa.

Gdyby przy b_2 należało jeszcze narysować słup o téj saméj podstawie, a wysokości równéj potrójnéj wysokości słupa przy b, odcinamy $b_2c_2=h_1k_1$ wedle rysunku, kreślimy b_2A i c_2A a przekątna c_2z wyznaczy wierzchołek e_2, więc i cały prostokąt $b_2c_2d_2e_2$. Przedłużając $b_2h_1k_1$ do r i odcinając $rs=3\times rp$ przenosimy rs do b_2g (§. 51). Otrzymany wierzchołek g umożebnia rysunkowe uzupełnienie słupa.

Zag. *64.* Czy drugie przekątne *bd*, b_1d_1, b_2d_2 muszą przejść przez wspólny punkt zbiegu z_1?

65. Czy przekątne górnych podstaw słupów muszą także wszystkie przejść przez owe punkty zbiegu *z* i z_1?

66. Dla czego u słupa przy *b* widzimy prawą ścianę pionową, podczas gdy u słupów przy b_1 i b_2 widzimy lewą? (Uwzględnić tylko położenie tych przedmiotów w obec oka, które się jak wiadomo w przestrzeni naprzeciwko *A* znajduje*).

67. Dla czego widzimy u obu słupów przy *b* i b_1 wierzchną płaszczyznę, u słupa przy b_2 zaś nie. (Ob. fig. 49, §. 38).

§. 53. P r z y k ł a d d r u g i. Przedmiot, przy b_1c_1 (fig. 64) nakreślony, jest kamieniem kwadratowego kształtu z otworem kołowym, którego środek jest o_1. Pierwsza ściana kwadratowa $b_1c_1f_1g_1$ w głębokości b_1 jest wraz z tym otworem dana. Druga, tylna ściana $d_1e_1l_1h_1$ przedmiotu jest również kwadratem wyznaczonym przez przyjęcie punktu d_1 w głębokości na razie dowolnéj. Otwór i na téj ścianie przedstawi się jako koło, którego środek o'_1 otrzymamy, kreśląc pionową o_1q_1 i linią q_1A. Ta ostatnia przetnie bok d_1e_1 w punkcie q'_1, z którego wykreślona pionowa aż do przecięcia się z prostą o_1A wyznaczy w punkcie o'_1 środek drugiego koła. Aby uzyskać promień jego, potrzeba tylko promień o_1p_1 koła pierwszego zmniejszyć stosownie do głębokości o'_1, t. j. znaleść punkt przecięcia się (p'_1) prostéj p_1A z pionową $o'_1q'_1$. Koło zatoczone promieniem $o'_1p'_1$ jest konturem otworu kołowego w płaszczyźnie $d_1e_1l_1h_1$.

Przy danym teraz punkcie *c*, który odpowiada punktowi c_1 i stanowi wierzchołek takiego samego jak tamten przedmiotu, mamy ten przedmiot narysować.

Z wykreślenia *bc*//*PP* otrzymujemy *rs*=*bc* jako perspektywiczną szerokość, i pionową *ry*=*cg* jako perspektywiczną wysokość kamienia w głębokości *c*. Tę ostatnią można było i wprost cyrklem odciąć, gdyż musi być równą wymiarowi *bc*. (§. 51). Uzupełniamy wreszcie kwadrat pierwszy *bcfg*.

Połowiąc *bc* w *q* i nadając wedle rysunku pionowéj *qo* długość *tw*, perspektywicznie równą odpowiadającéj jéj w rysunku kamienia pierwszego długości q_1o_1, otrzymujemy *o* jako środek, a *op*=*vw* (perspektywicznie równe promieniowi o_1p_1 koła w kamieniu pierwszym) jako promień koła w przedniéj ścianie kamienia drugiego. Następnie rysujemy prostokąt *bcde* za pomocą przekątnéj c_1e_1 dążącéj do z_1, jak w §. poprzednim, i uzupełniamy przez wykreślenie odpowiednich linij pionowych, jakoteż linij do *A* idących bryłę drugiego przedmiotu. Wreszcie oznaczamy za pomocą *o* i *p*, sposobem przy pierwszym

*) t. j. uwzględnić, że słup przy *b* znajduje się po lewéj, słupy przy b_1 i b_2 zaś po prawéj stronie oka.

kamieniu zastosowanym, środek o' i promień $o'p'$ koła leżącego na tylnéj ścianie przedmiotu drugiego.

Po wykończeniu drugiéj figury muszą przekątne c_1e_1, ce, g_1l_1, gl przejść przez punkt z_1 na horyzoncie, podobnież przekątne b_1d_1, bd, f_1h_1, fh przez niedostępny na rysunku punkt z_2 na horyzoncie.

Jeżeli weźmiemy jeszcze pod uwagę przekątne c_1h_1, b_1l_1, ch, bl, to dla jednakowego położenia obu przedmiotów wszystkie te proste są równoległe, powinny zatem przeciąć się we wspólnym punkcie zbiegu. Że jednak przekątne te leżą na płaszczyznach równoległych do płaszczyzny pionu (podobnie jak krawędzie ab, cd, ef, gh, ik fig. 24) mają przeto wspólny punkt zbiegu $+z_3$ na linii pionu VV. — Przekątne d_1g_1, e_1f_1, dg, ef, jako równoległe między sobą i do płaszczyzny pionu, mają podobnież punkt zbiegu na VV, a to w punkcie $-z_3$, (tak jak proste bl, dm, hn fig. 24).

Okoliczność, że $+z_3A = -z_3A$ i że $+z_3$ leży nad, $-z_3$ zaś pod horyzontem, wskazuje, podobnie jak we fig. 24 na to, że przekątne do $+z_3$ dążące są skośne względem pł. podstawy i wznoszą się w górę, podczas gdy biegnące do $-z_3$ są do podstawy pod tym samym kątem nachylone, ale spadają w dół.

Zag. 68. Jakie położenie względem tła mają przekątne b_1g_1, c_1f_1, d_1l_1, e_1h_1, bg, cf, dl, eh?

69. Dla czego widzimy prawą ścianę kamienia pierwszego a lewą drugiego?

§. 54. W y z n a c z e n i e r z e c z y w i s t y c h w y m i a r ó w p r z e d m i o t ó w u m i e s z c z o n y c h p o n a d p ł. p o d s t a w o w ą. W §§. 52 i 53 stosowaliśmy teoryą szerokości i wysokości do przedmiotów stojących na s a m é j pł. podstawy; niewiele trudniejszą jest sprawa w wypadku ogólnym, jeżeli przedmioty znajdują się na podwyższeniu, t. j. w pewnéj wysokości n a d pł. podstawy.

W głębokości x (fig. 65) stoi na pł. podstawy stopień pionowy o wysokości xx_1 a na nim słup prostokątny; mamy wyznaczyć prawdziwą wielkość jego szerokości bc i wysokości bk.

Przedłużywszy linie Ab i Ac do b_1 i c_1, otrzymamy b_1c_1 jako szerokość słupa w głębokości x_1 a w wysokości stopnia. Przez spuszczenie pionowych b_1b_2 i c_1c_2 uzyskamy b_2c_2 jako niezmienioną szerokość, ale już na podstawie, poczém z wykreślenia prostych Ab_2 i Ac_2 do punktów B i C na PP powstaje BC jako rzeczywista szerokość słupa.

Można było także przedłużyć prostą Ax_1 aż do przecięcia się z tłem w X_1. Natenczas przedstawia prosta P_1P_1 przecięcie się wierzchnéj płaszczyzny pozioméj stopnia z tłem, czyli linią podstawową innéj płaszczyzny podstawowéj, położonéj nad pierwotną o wysokość stopnia XX_1. Na téj nowéj

linii podstawowéj można również przez przedłużenie prostych *Ab*, *Ac* do B_1 i C_1 otrzymać B_1C_1 jako prawdziwą szerokość słupa. B_1C_1 musi oczywiście być geometrycznie równe *BC*.

W celu oznaczenia prawdziwéj wysokości słupa najlepiéj będzie przedłużyć linią *bc* do *l* i otrzymać w odcinku *lm* (geometrycznie równym *bk*) wysokość słupa w głębokości punktu *l*. Przedłużając *Al* do X_1 a *Am* do *M* otrzymujemy X_1M jako prawdziwą wysokość słupa.

Można także było kreślić *Ab* do b_1, następnie b_1b_2 i Ab_2 do *B*. Otrzymaną tym sposobem prostą *BW* przecinamy prostą Ab_1 w B_1. (BB_1 jest oczywiście prawdziwą wysokością stopnia). Przez przedłużenie prostéj *Ak* uzyskamy na linii *BW* punkt *K* a długość B_1K przedstawia znowu prawdziwą wysokość słupa.

§. 55. Zadanie odwrotne poprzedzającego §fu. Jest ono bardzo dla malarza ważne i nie nastręczy teraz żadnych trudności.

W głębokości *b* na płaszczyźnie podstawy (fig. 66) stoi linia pionowa *bc*, wyobrażająca n. p. figurę ludzką. Na stopniu o wysokości xx_1 przy b_4 stoi figura taka sama, któréj perspektywiczną wysokość wyznaczyć należy.

Przyjąwszy dowolny punkt *N* na horyzoncie (niekoniecznie punkt *A*), rysujemy proste *bN* i *cN* i otrzymujemy w b_1c_1 wysokość figury jakoby tuż przy stopniu na podstawie stojącéj. Odcinek $b_2c_2=b_1c_1$ daje wysokość téj figury postawionéj już na stopniu, tuż przy samym brzegu. Z wykreślonych linij b_2N i c_2N leży prosta b_2N na wierzchnéj płaszczyźnie stopnia, przeto tak wysoko, jak punkt b_4; można więc b_4 przenieść do b_3 i otrzymać b_3c_3 jako wysokość figury, którą ostatecznie tylko cyrklem do b_4 c_4 przenieść należy.

§. 56. Rysunkowe przeniesienie danych, na pł. podstawy stojących przedmiotów w dowolne zagłębienie i umieszczenie ich na wyższych lub niższych od pł. podstawy poziomach. Przykład pierwszy. Rzecz obu ostatnich §§. okażemy praktycznie na dwóch jeszcze przykładach.

Przy *BC* (fig. 67) stoi słup prostokątny, który mamy w téj saméj wielkości i formie przy *b* na stopniu o wysokość *LM* powyżéj, jakotéż przy b_1 na płaszczyźnie o *NU* poniżéj*) pł. podstawy umieszczonéj perspektywicznie narysować. W obec wytłómaczonéj już poprzednio zasady podajemy teraz tylko konstrukcyą bez żadnego dalszego uzasadniania takowéj.

Kreślimy *Ab* do *p*, następnie pp_1, daléj odcinamy cyrklem $p_1q_1=B'_1C'_1$, rysujemy q_1q, potém *qA*. Tak uzyskano *bc* jako

*) we wcięciu.

perspektywiczną szerokość słupa BC w głębokości b na wierzchu stopnia. — (Czém jest B_1C_1?)

W celu odcięcia bf rysujemy po otrzymaniu prostej $B'_1C'_1$ wysokość $B'_1F'_1$. następnie z F'_1 poziomą do f_1 a wysokość p_1f_1 przenosimy cyrklem do pf'_1 (§ 55). Za pomocą prostéj Af'_1 uzyskamy żądaną wysokość bf. — Rysując z b i c linie do A i łącząc punkt zbiegu z przekątnéj CE z wierzchołkiem c, otrzymamy przekątną ce, która na linii bA wyznaczy punkt e, poczem słup $bcdefghk$ łatwo w rysunku uzupełnić.

Dla słupa $b_1c_1d_1$... rysujemy Ab_1 do r. Punkt r leży na dolnéj krawędzi pionowego wycięcia NU. Z r otrzymamy pionową rr_1. Z punktu r_1 kreślimy poziomą, przez co powstaje r_2s_2 jako szerokość, którą cyrklem do r_1s_1 przenosimy. Teraz znaczymy pionową s_1s, a prosta As odcina szerokość b_1c_1 słupa. Dla oznaczenia jego wysokości rysuje się s_2t_2, z t_2 poziomą do t_1 i przenosi r_1t_1 cyrklem do rt. Prosta At wyznacza w przedłużeniu punkt f_1 przeto i wysokość b_1f_1. Za pomocą otrzymanego już poprzód punktu zbiegu z kreślimy przekątną c_1e_1 a otrzymawszy punkt e_1, uzupełniamy słup $b_1c_1d_1e_1f_1g_1h_1k_1$.

We fig. 68 powtórzono przedmiot fig. 67 z opuszczeniem wszystkich linij konstrukcyjnych. Potrzebne punkty uwidocznione i znakowane tak samo jak we fig. 67. Zamiast punktu A użyto jednak dowolnego na horyzoncie punktu Q do przeniesienia punktów w rozmaite zagłębienia, n. p. Qbp, pp_1, $B'_1C'_1$, pq, qcQ i t. d.

Kto chce fig. 68 zrozumieć, powinien ją w zupełności przerobić i zdać sobie sprawę ze wszystkich oznaczonych na niéj punktów, przedewszystkiém zaś uzupełnić linie konstrukcyjne. Nadto ma pamiętać, że korzystném będzie dla rysownika przy wykonaniu obrazu unikać licznych linij konstrukcyjnych i wdrażać się stopniowo w wykonanie konstrukcyi jak we fig. 68, gdyż przez to nie zakrywa się płótna lub papiéru niepotrzebnymi liniami.

Pyt. W czém leży przyczyna, że we fig. 67 u słupa bc widać ze ścian pionowych tylko $bcfg$ a żadnéj bocznéj, u słupa b_1c_1 zaś jeszcze i ścianę lewą $b_1e_1f_1k_1$, podczas gdy we fig. 68 u słupa bc widać prócz ściany $bcfg$ jeszcze prawą $cdgh$, u słupa b_1c_1 zaś tylko pionową $b_1c_1f_1g_1$ a żadnéj bocznéj.

§. 57. **Przykład drugi zastosowany do figur ludzkich.** Jest nim rysunek fig. 69 z Rafaela: „Każący Paweł".*)

Apostoł stoi na terasie, o cztery stopnie niżéj jego słuchacze. Wysokość głównéj figury ma być miarą dla figur innych. Szukamy perspektywicznego wymiaru słuchacza stojącego obok osoby z laską.

*) Wyjęty ze Schreibera «Lehrbuch der Perspective».

Przedłużając krawędź stopnia, któréj noga Pawła dotyka, aż do *B*, otrzymamy z przyczyny, że głowa apostoła dosięga horyzontu, w *BC* wysokość téj postaci. *B1* jest, jak rysunek okazuje, prawdziwą wysokością stopnia górnego. Odcinając *B1* jeszcze trzy razy aż do *4*, uzyskamy w *B4* wysokość czterech stopni, a więc prawdziwy wymiar wzniesienia terasy nad płaszczyzną zajętą przez słuchaczy. Punkt *4* leży przeto teraz także na téj płaszczyźnie. Kreślimy zatem przez stopę postaci, któréj wysokości szukamy, i przez punkt *4* linią aż do *K* na horyzoncie, odcinamy wysokość *BC* cyrklem w *4G* i łączymy punkty *G* i *K*. Linia *GK* dotykająca głowy słuchającego wyznacza tém samém jego wysokość.

D) Perspektywiczne zagłębienia. (Skale głębokości).

§. 58. **Prawdziwa długość odcinku położonego na podstawie a do tła prostopadłego.** Prosta *MA* (fig. 70) do tła prostopadła leży na pł. podstawy a na niéj punkt *n* za tłem w głębokości, którą przedstawia perspektywicznie odcinek *Mn*. Mamy wyznaczyć rzeczywistą wielkość tego odcinku.

W tym celu odcinamy na horyzoncie długości $AD = AD_1 = AO$. Punkty *D* i D_1 znamy już jako punkty odstępu (§. 10). Rysujemy perspektywę prostéj *Dn* z punktem zbiegu w *D* i przedłużamy ją do punktu *N* w linii *PP*, przez co powstaje perspektywiczny trójkąt *MnN*, który ma być bliżéj zbadany.

Kąt przy *M* jest, jak już wiemy (§. 26), kątem perspektywicznie prostym. Prosta *Nn* z punktem zbiegu w *D* jest perspektywą prostéj zamykającéj z tłem 45 stopni (§. 15). Że zaś prosta, leżąca na podstawie i zamykająca z tłem 45 stopni, zawiera, jak sobie łatwo wyobrazić, i z linią podstawową *PP* 45 stopni, przeto kąt przy *N* w trójkącie *MnN* jest perspektywicznym kątem 45 stopniowym. Kąt przy *n* w trójkącie *MnN* musi teraz również być perspektywicznie kątem 45 stopniowym*); trójkąt *MnN* jest przeto perspektywicznym trójkątem prostokątnym i równoramiennym, gdzie *Nn* jest przeciwprostokątną, *Mn* i *MN* zaś przyprostokątnymi o równych między sobą perspektywicznie długościach.

Z obu tych odcinków *Mn* i *MN* jednakowych w rzeczywistości rozmiarów leży jeden, t. j. *MN*, na *PP*, jest zatem właśnie tak wielki, jak się w rysunku przedstawia i daje miarę drugiego, widzianego tylko w perspektywiczném skróceniu.

---

*) bo suma wszystkich kątów trójkąta wynosi *180°*, przeto wobec kąta $M = 90°$, kąta $N = 45°$ pozostaje dla kąta *n* również 45 stopni.

Punkt *n* jest przeto perspektywą punktu podstawy, położonego za tłem w głębokości równéj odcinkowi *MN*, czyli *MN* jest miarą rzeczywistéj wielkości perspektywicznego zagłębienia *Mn*.

Stąd prawidło: Wyznaczamy prawdziwą wielkość *MN* położonego na podstawie odcinku *Mn*, który dąży w kierunku zagłębienia i tła w jednym punkcie (*M*) dotyka, jeżeli drugi punkt (*n*) połączymy z punktem odstępu *D* i prostą tę przedłużymy do linii podstawowéj, gdzie się prawdziwa długość *MN* przedstawi.

Na téj także zasadzie widać w odcinku *MR* prawdziwą długość perspektywicznego odcinku *Mr*.

Czémże jest teraz *NR*?

Rozumie się samo przez się, że *NR* jest prawdziwą długością perspektywicznego odcinku *nr*, odcinku o położeniu ogólniejszém, gdyż nie dotyka żadnym punktem tła, ale leży oboma końcami za tłem.

Z tego wypływa twierdzenie ogólne: Otrzymujemy prawdziwą długość odcinku położonego na podstawie a mającego kierunek perspektywicznéj głębokości, jeżeli jego punkty końcowe połączymy z punktem odstępu *D* liniami prostymi i takowe do linii *PP* przedłużymy. Uzyskany tym sposobem odcinek na *PP* jest żądaną prawdziwą długością owego odcinku perspektywicznego.

Uwaga. Zamiast punktu *D* można było także użyć punktu D_1. W tym razie wyszłyby były długości *MN* etc. po prawéj stronie punktu *M*. W danych wypadkach używa się celem wynalezienia prawdziwych długości z pomiędzy punktów odstępu zawsze tego, który do kreślenia jest dogodniejszy. We fig. 70 punkt *D* jest stosowniejszy, bo za jego pomocą otrzymujemy jeszcze i długość *NR* w obrębie rysunku, podczas gdy używając D_1 wypadłby odcinek *NR* dopiero na dalszém przedłużeniu linii *PP*.

§. 59. Zadanie odwrotne §fu poprzedzającego. Na prostopadłéj do tła linii *MA* (fig. 71) wyznaczymy perspektywicznie od *M* w kierunku głębokości daną długość *MN*, odcinając tę długość od *M* na *PP* i łącząc punkt *N* z punktem *D*. *Mn* jest odpowiednim perspektywicznym odcinkiem.

Gdyby się rozchodziło o perspektywiczne odcięcie długości *RS* wychodząc od punktu *r*, mającego pewne zagłębienie, to na podstawie twierdzenia §fu poprzedniego łączymy *r* z punktem *D* i przedłużamy prostą *Dr* aż do *R* na *PP*. Następnie odcinamy *RS* na *PP* i łączymy punkt *S* z punktem *D*, przez co powstaje *s*. Długość *rs* jest teraz żądanym perspektywicznym wymiarem rzeczywistego odcinku *RS*.

Rozumie się, że i tu z obu punktów odstępu użyjemy tego, który jest dogodniejszy.

§. 60. Skala głębokości lub zagłębienia. Zagadnienie. Daną długość BC odciąć od punktu B (fig. 72) w kierunku głębokości kilka do kilkanaście razy.

Wykr. Przenosimy długość BC na PP ile razy można, n. p. dwa razy; z połączenia punktów C i E z punktem D wynika długość BC dwa razy w głąb odcięta.

Na linii PP nie można z braku miejsca (§. 43) dalszych części odcinać; kreślimy $cS_1 // PP$. Odcinek cE_1 jest równy odcinkowi CE a więc i odcinkowi BC, zatem i perspektywicznie równy długości ce. Odcinek cE_1 nie wyraża jednak prawdziwéj długości perspektywicznego odcinku ce, lecz tylko długość jego zmierzoną w głębokości c. (Porównaj z podobném wyrażeniem w §. 42).

Po odcięciu $E_1F_1 = cE_1$ i wykreśleniu prostéj F_1D otrzymamy ef. Odcinek ten ef jest perspektywicznie równy E_1F_1 i równy także cE_1 i ce; E_1F_1 przedstawia znowu długość perspektywicznego odcinku ef zmierzoną w głębokości punktu c. Podobnie powstanie fg przez odcięcie $F_1G_1 = E_1F_1$ i wyrysowanie prostéj G_1D.

Widzimy przeto, że niekoniecznie potrzeba prostéj PP, aby za pomocą odciętych na niéj prawdziwych długości, jak BC, EF... otrzymać odnośne perspektywiczne zagłębienia, ale że możemy PP zastąpić którąś inną prostą, jak cS_1, na któréj się ta sama skala szerokości przedstawia, zmniejszona tylko stosownie do swojéj głębokości.

Uwaga. Proste DF_1, DG_1... przedłużone, jeżeli się da, do PP, wyznaczyłyby na téj prostéj odcinki równe co do wielkości odcinkom BC, CE.

Podziałka Bc, ce, ef, fg... na BA zowie się skalą perspektywicznéj głębokości, gdyż przedstawia pozorne długości równych w rzeczywistości, a skierowanych ku głębi odcinków w rozmaitych zagłębieniach.

§. 61. Rozwinięcie skali głębokości i środki do tego służące. W wypadku, gdyby podziałkę po za punkt g rozwijano, okazałoby się, że wykreślona (nakształt cS_1) nowa linia pomocnicza fg_1 przetnie prostą DG_1 pod bardzo skośnym kątem, tak że punktu przecięcia g_1, a więc i długości odcinku fg_1 nie możnaby dokładnie oznaczyć. Niekorzystna ta okoliczność w miarę dalszego posuwania się w głąb stawałaby się coraz przykrzejszą. Da się jednak i tu znaleźć sposób zapobieżenia powstającym niedokładnościom.

Jeżeli połączymy punkty C, E... linii podstawowéj z punktem A, to proste te wyznaczą odcinki na skalach szerokości w rozmaitych zagłębieniach (§. 42). Przechodzić one muszą przez punkty E_1, g_1... F_1... i t. d., które już poprzednio wy-

znaczono. Z tego wynika, że potrzebny odcinek skali szerokości, w jakiémkolwiek zagłębieniu, można bezpośrednio tak otrzymać, jak n. p. odcinki cE_1... fg_1. Odcinki te skal położonych w głębokościach c i f uzyskano za pomocą prostéj CA, która przecież na każdéj, w dowolném zagłębieniu znajdującéj się skali szerokości wyznacza odcinki pespektywicznie równe wymiarowi BC.

Otrzymawszy tedy na skali szerokości gS_2 za pomocą prostéj CA odcinek gH_2, przenosimy tenże cyrklem do $H_2\ L_2$, L_2P_2, P_2R_2, R_2S_2... a przez połączenie punktów H_2, L_2, P_2, R_2, S_2... z punktem D otrzymujemy dalszy ciąg h, l, p, r, s... skali głębokości, którą tym sposobem z wszelką dokładnością rozwinąć można dowolnie.

§. 62. Zastosowania. Na podstawie poznanych już zasad przystępujemy do rozwiązania kilku zagadnień, poprzestając jednak wyłącznie na wykonaniu konstrukcyj bez jakichkolwiek objaśnień. Każdy we własnym interesie zda sobie z wykreślenia szczegółowo sprawę.

(NB. Przedłużenia po za obręb obrazu nie są dozwolone).

70. Jak wielki jest perspektywiczny odcinek mn? (fig. 73)

Wykr. Rysujemy $ms//PP$, przedłużamy prostą Dn do N_1 a proste AN_1 i Am do N i M na PP. Długość MN jest prawdziwą długością perspektywicznego odcinku mn.

71. Od punktu f (fig. 73) położonego w pewnéj głębokości odciąć w głąb długość FG.

Wykr. Rysujemy Af do F, $fs//PP$, odcinamy na PP długość FG (od F ku lewéj, bo ku prawéj nie ma miejsca), kreślimy GA a łącząc otrzymamy tak punkt G_1 z punktem D_1 (a nie D) uzyskujemy fg jako perspektywiczny wymiar długości FG.

72. Odcinek mn (fig. 73) podzielić perspektywicznie na dwie równe części?

Wykr. Dzielimy mN_1 cyrklem w punkcie $N^1/_2$ na dwie równe części i rysujemy $N^1/_2D$; punkt $n/_2$ dzieli mn na dwie części perspektywicznie równe.

73. Jak wielką jest połówka $mn/_2$ w rzeczywistości? Czy $MN/_2$? Jeżeli tak, dla czego?

74. Jak wielkim jest odcinek mp (otrzymany wedle fig. 74) w rzeczywistości?

3×MN (Dla czego?)

75. Jak wielkie są odcinki perspektywiczne bc i cd (fig. 74) porównane między sobą; jak wielkie są w rzeczywistości?

76. Jaką figurą jest w istocie czworobok perspektywiczny $bcef$ (fig. 74); jaką czworobok $cfgd$?

77. Narysować te czworoboki w rzeczywistéj wielkości.

§. 63. *Kostka.* Zagadnienie. Od punktu b (fig. 75) odciąć w trzech kierunkach (szerokości, wysokości i głębokości) daną długość BC.

Wykr. Przedłużamy *Ab* do *B*, odcinamy *BC*, kreślimy *AC* i otrzymujemy *bc* jako szerokość równą *BC*. Rysujemy *BE=BC*, prosta *AE* odetnie na pionowéj *bW* punkt *e; be* jest wysokością równą *BC*. Rysujemy *bA* i *cA*, linia *Dc* odetnie na *bA* głębokość *bl* równą *BC*.

(Czy w celu odcięcia wysokości *be* potrzeba było koniecznie na linii *BE* jako pomocniczéj odciąć *BE=BC* i tym sposobem do *be* dochodzić, czy też można było *be* otrzymać bezpośrednio? §. 51).

Przez uzupełnienie rysunku wedle fig. 75 uzyskamy perspektywę kostki, któréj wszystkie ściany są, jak wiadomo, jednakowymi zupełnie kwadratami.

Jak leży ta kostka (sześcian) względem oka?

Co się da powiedzieć o przekątnych *bf, cg, el, hk*, a co o przekątnych *fh, lc, eg, bk*, mianowicie o ich punktach zbiegu?

§ 64. Ściany kostki; sposoby, jakimi jedna w położenie innych przechodzić może. Figury *bceh* i *bckl* (fig. 75) są perspektywami jednakowych zupełnie kwadratów, tylko że kwadrat przedstawiony perspektywiczną figurą *bckl* leży na pł. podstawy, poziomo, dąży przeto w kierunku perspektywicznéj głębokości, a jeden bok jego leży za tłem w odległości równéj zagłębieniu prostéj *bc*, podczas gdy kwadrat odpowiadający perspektywie *bceh* leży na płaszczyźnie równoległéj do tła, jest przeto pionowy i ma od tła odległość identyczną z zagłębieniem prostéj *bc*.

Przez prostą *bc* przechodzą tedy obydwa kwadraty *bceh* i *bckl;* można je przeto uważać także jako zostające w takim ze sobą związku, że *bceh* powstanie z *bckl*, jeżeli go (t. j. kwadrat *bckl*) około linii *bc* jakoby około zawiasów ku górze obrócimy, zbliżając bok *kl* do tła, aż cały kwadrat zajmie pozycyą równoległą do tła. Linia *bc* trwa podczas tego ruchu oczywiście ciągle w swojém położeniu a perspektywiczny kwadrat *bckl* przedstawi się po obrocie jako geometryczny kwadrat *bceh*. Bok pierwotny *ck* jest teraz w pozycyi *ch*, a *bl* w *be;* bok zaś *lk* — do *bc* równoległy — będący przedtem na pł. podstawy we większéj niż *bc* głębokości, przyszedł obecnie w położenie *eh*//*bc* i ma teraz tę samę co *bc* głębokość.

Podobnie można kwadrat *klgf* otrzymać z kwadratu *bckl* przez obrót tegoż około boku *kl;* podnosi się przy tém bok *bc* do góry i oddala go coraz bardziéj od tła, aż przyjdzie do pozycyi *fg*, położonéj pionowo nad *kl* w téj saméj co *kl* głębokości.

W jaki sposób należałoby obracać kwadrat *efgh*, aby się ukazał w pozycyi *bceh* lub *klgf?*

Figury *cheb* i *chgk* są również perspektywami jednakowych kwadratów; *cheb* przedstawia pozycyą kwadratu pionowego, przechodzącego przez bok *ch* i równoległego do tła,

podczas gdy *chgk* unaocznia kwadrat również pionowy, przechodzący przez bok *ch* ale prostopadły do tła, mający zatem kierunek perspektywicznéj głębokości. I tu przyjdzie kwadrat *chgk* przez obrót około boku *ch* jakoby około zawiasów, w kierunku odwrotnym skazówce od zegarka, w położenie *cheb*; bok *gk* mianowicie zajmie pozycyą *eb*, a boki *ck* i *hg* przejdą w *cb* i *he*.

Kwadrat *chgk* można przenieść w położenie *gklf*, obracając go około *gk* w kierunku skazówki od zegarka aż bok *hc* przyjdzie do *lf* a boki *gh* i *kc* znajdą się w *gf* i *kl*.

W jaki sposób należałoby obracać kwadrat *lfeb*, aby się ukazał w pozycyach *lfgk* i *ebch*, a jak kwadraty *bclk* i *ehgf*, aby każdy z nich zajął położenia *blef*, *lfgk*, *chgk*, *cheb*?*)

VI.

Perspektywiczne dzielenie linij prostych.

§. 65. Podzielenie danego odcinku poziomego na części perspektywicznie równe. W §. 62 rozwiązano zagadnienie podzielenia odcinku perspektywicznego *mn* na dwie równe części. W ogólności dzielimy podobny odcinek *mn* (fig. 76) na kilka, n. p. pięć równych części, dzieląc mN_1 cyrklem na żądaną ilość, w tym wypadku pięć części, i łącząc punkty *1, 2, 3, 4* z punktem *D*. Części na *mA* położone, t. j. *m1, 12, 23, 34, 4n* są teraz między sobą perspektywicznie równe. Prawdziwa wielkość takiéj jednéj części równa się piątéj części odcinku *MN*, t. j. odcinkowi *MI*.

Zagadnienie perspektywicznego podzielenia odcinku danego na części równe można tutaj już rozwiązać i z pominięciem punktu *D*, stosując geometryczne rozwiązanie tego zagadnienia do perspektywy. Mając bowiem odcinek *MN* (fig. 76_a) podzielić geometrycznie na pewną ilość, n. p. pięć równych między sobą części, kreślimy pod dowolnym kątem prostą *Mx* i odcinamy na niéj cyrklem, biorąc wielkość dowolną, pięć części między sobą równych. Z otrzymanych tak punktów *1, 2, 3, 4, 5* łączy się punkt *5* z punktem *N*, poczem wykreślone przez resztę punktów proste, do *5N* równoległe, linią *MN* w punktach *1, 2, 3, 4* na pięć równych części dzielą.

Stosując poprzednie rozwiązanie do perspektywicznego odcinku *mn* (fig. 77) dowolnéj prostéj pozioméj, kreślimy prostą *mS//PP*, na niéj odcinamy cyrklem pięć dowolnie wielkich, ale między sobą równych części**) a łącząc punkt *5*

*) Zrozumienie tego na pozór z zanadto drobiazgową dokładnością rozpatrywanego przykładu ułatwi bardzo wykreślenia perspektywy koła w różnych pozycyach.

**) Na linii *mS*, mającéj kierunek perspektywicznéj szerokości, części między sobą w rzeczywistości równe także się geometrycznie równe przedstawiają (§. 42).

z punktem *n* otrzymamy linią poziomą, która do horyzontu przedłużona ma w punkcie *F* punkt zbiegu. Linie łączące punkt *F* z punktami *1, 2, 3, 4* są teraz perspektywami prostych do *n5* równoległych, a podobnie jak we fig 76, proste geometrycznie równoległe do *N5* dzieliły *MN* na części geometrycznie równe, tak we fig. 77 proste perspektywicznie równoległe do *n5* dzielą odcinek *mn* na części perspektywicznie równe.

Mając takich części na przedłużeniu *mn* jeszcze więcéj wyznaczyć, kreślimy *4S//PP*, odcinamy na téj prostéj *45=56=67=*.. i łączymy punkty *6, 7, 8*... z punktem *F*, przez co uzyskujemy dalsze części *n6, 67, 78*... perspektywicznie i między sobą i z częściami poprzedzającymi równe. (Dla czego?)

Porównując fig. 77 z 76 spostrzegamy, że drugą z nich na téj saméj zasadzie wprawdzie, ale z uwzględnieniem pewnego położenia tak prostéj *mn* jako i punktu *F* wykreślono. (Prosta *mn* we fig. 76 nie jest dowolną poziomą lecz prostopadłą do tła, a punkt *D* nie jest, jak punkt *F* gdziekolwiekbądź na horyzoncie położony, ale jest punktem odstępu). Za to jednak we fig. 76 można było wyznaczyć prawdziwą wielkość tak całego odcinku *mn* jakotéż i jego części, czego fig. 77 nie przedstawia; służy ona li tylko do podzielenia perspektywicznego odcinku *mn*, żadnych zaś nie daje wskazówek co do prawdziwéj długości czy całego odcinku, czy téż jego części.

Jeżeli prosta pozioma, mająca być podzieloną, leży nad horyzontem, postępowanie wcale się nie zmienia, jak to uwidocznia fig. 77 dla prostéj *rs*, mającéj punkt zbiegu w *L*, podczas gdy punkt zbiegu linij dzielących wypadł w *J*.

§ 66. Poprawny podział odcinków w pobliżu horyzontu znajdujących się. W jednym tylko wypadku potrzebuje sposób podany pewnego uzupełnienia, mianowicie wówczas, gdy prosta, którą mamy podzielić, leży bardzo blizko horyzontu.

Gdyby dzieląc odcinek *cd* (fig. 78) na pięć równych części, postąpiono jak wyżéj, okazałoby się z rysunku, że proste łączące punkt *K* z punktami *1, 2, 3, 4, 5* na *cS* położonymi przecinają prostą *cd* pod bardzo skośnymi kątami, tak że punktów podziału na *cd* nie można dokładnie oznaczyć.

Aby tedy konstrukcyi zapewnić potrzebną dokładność, należy uciéc się do wykreślenia pomocniczego. W tym celu rysujemy inną, bardziéj od horyzontu odległą prostą do tego samego punktu zbiegu *J* dążącą, pionowo pod *cd*, jak na rysunku c_1d_1, i dzielimy ją za pomocą linii c_1S_1 w podobny jak wyżéj sposób na żądaną ilość części, co się tu da dokładnie uskutecznić. Następnie kreślimy z punktów 1_1, 2_1, 3_1,

4_1 pionowe w górę aż do *cd* i tym sposobem uzyskujemy na niéj pośrednio punkty podziału *1, 2, 3, 4*.

Że postępowanie takie jest usprawiedliwione, wynika z czworoboków $cc_1 1 1_1$, $1 1_1 2 2_1$..., które są samymi prostokątami, przeto jest $c_1 1_1 = c1$, $1_1 2_1 = 12$, $2_1 3_1 = 23$,... (jako przeciwległe boki prostokątów). Gdyby odcinek *ab* (fig. 78) był nad horyzontem, postępowanie się nie zmienia.

§. 67. Geometryczne podzielenie danego odcinku w pewnym stosunku. Nie zawsze rozchodzi się o podzielenie odcinku na części między sobą równe, ale często wymaga się podziału na części nierówne, zostające jednak między sobą w pewnym stosunku.

Jeżeli n. p. na prostéj *DC* (fig. 76_b) odcinamy podziałkę $Da = bc = de$, $ab = cd = 3 \times Da$, a więc $Da : ab = 1 : 3$, który to stosunek i dla następnych części zostaje tensam, i wyrysujemy prostą ee_1 a z innych punktów równoległe do téj prostéj, to na linii De_1 otrzymamy podziałkę podobną. I tu będzie $Da_1 : a_1 b_1 = 1 : 3$ stałym stosunkiem i dla części innych.

§. 68. Metoda poprzedzającego §fu zastosowana perspektywicznie w trzech praktycznych przykładach. Jeżeli w przestrzeni między *C* a *f* (fig. 79) mamy wyrysować cztery otwory łukowe, tak aby filary między sobą a łuki między sobą były wszystkie równo szerokie, trzeba naprzód długość *Cf* podzielić na cztery równe części. Do tego rysujemy *CS//PP*, znaczymy na *CS* odcinki $C1 = 12 = 23 = 34$ i kreślimy prostą *4f* aż do *K* na horyzoncie. Za pomocą dążących do *K* prostych otrzymujemy perspektywiczną podziałkę odcinku *Cf*.

Ce jest danym wymiarem perspektywicznym grubości pierwszego filara; kreśląc prostą *Ke* do *a*, uzyskujemy *Ca* jako odpowiednią miarę, którą cyrklem do *1b*, *2c*, *3d* przenosimy, a łącząc punkty *b*, *c*, *d*, również z punktem *K*, otrzymujemy na *Cf* podział na łuki i filary.

Ponieważ ściany pionowe boczne wszystkie są równoległe do tła, przeto ukośne krawędzie, jak *fg*, są wszystkie do tła równoległe, ich perspektywy zatem muszą być geometrycznie równoległe między sobą. (Porównaj z krawędziami *no*, *qr*, *tu*, *op*, *rs*, *uv* fig. 31).

Pionowym słupkom baryery u góry dano za pomocą punktu *L* odległości równe między sobą.

Następujący przykład podaje zastosowanie w innéj formie. Dolne krawędzie szeregu filarów (fig. 80) dążą do punktu zbiegu *J*. Grubość pierwszego filaru *Fa* i szerokość pierwszego łuku *ab* są perspektywicznie dane, mamy dla reszty filarów i łuków te same wymiary perspektywicznie wyznaczyć.

Z dowolnego punktu *W* na horyzoncie odcinamy na linii *FS* za pomocą prostych *Wa* i *Wb* odcinki *F1* i *12*, które na-

stępnie cyrklem na *FS* (wedle figury) kilka razy przenosimy. Z połączenia otrzymanych na *FS* punktów z punktem *W* wynika podziałka perspektywiczna w kierunku *FJ*, która się przy pomocy prostéj *9S* w głębokości *9* wykreślonéj jeszcze daléj da rozwinąć, a to przez odcięcie *9, 10=11, 12=...*, a *10, 11=12, 13=...* i wykreślenie z tych punktów prostych do *W*.

We fig. 79 podzielona prosta *Cf* dążyła do *A*; podziałka na *Cf* była przeto istotną s k a l ą g ł ę b o k o ś c i (§. 60). We fig. 80 prosta *FJ* dąży do *J*, jest więc linią ukośną do tła, a podziałkę na niéj zowiemy s k a l ą z b i e g u

Fig. 81 *) przedstawia wypadek podobny, tylko że prosta *FG*, na któréj skalę zbiegu znaczymy, leży nad horyzontem.

§. 69. U p r o s z c z e n i e. Korzystamy z niego, jeżeli się tylko przy perspektywicznych takich podziałach nastręczy. Gdyby n. p. przy prostéj *am* (fig. 82) narysowano perspektywiczny prostokąt *abcd* i chodziło o wyznaczenie jeszcze kilku takich samych prostokątów w jednakowych od siebie odległościach (przypuśćmy jako wierzchy pilastrów drewnianych lub kamiennych ze ściany pionowéj występujących), a najbliższy z tych prostokątów poczynał się w *f*, to, ponieważ punkt zbiegu *K* boków *ad* i *bc* prostokąta jest dostępny, oszczędzi się trudu, jeżeli ten punkt zarazem przyjmiemy za punkt zbiegu linij dzielących.

Wykreśliwszy tedy *a7*//*HH* i przedłużywszy *dc* ku *n*, jakoteż *Kb* do *1*, rysujemy *Kf2*, przenosimy *a1* do *23*, *12* do *34*... Otrzymane punkty *1*, *2*, *3*, *4*, *5*... łączymy z punktem *K* i uzyskujemy tak nietylko podział na linii *am* ale zarazem zupełne już prostokąty.

§. 70. P e r s p e k t y w i c z n e p r z e p o ł o w i e n i e d a n e g o o d c i n k u p o z i o m e g o b e z p o m o c y c y r k l a. Częstokroć wypada perspektywiczny odcinek podzielić na dwie równe części. Możnaby tu postąpić wprawdzie według poznanych już zasad ogólnych, korzystnie jednak będzie w tym razie poznać sposób kreślenia bez pomocy cyrkla.

W celu przepołowienia n. p. poziomego odcinku *mn* (fig. 83) rysujemy pionowe *ma* i *nb*; czworobok *manb* jest prostokątem, przekątne jego przetną się w punkcie *o*; pionowa *op* dzieli odcinek *mn* na dwie między sobą perspektywicznie równe części *mp* i *np*.

Uzasadnienie tego postępowania polega na téj własności równoległoboku i prostokąta (fig. 83a), że wykreślone z punktu przecięcia się przekątnych *o'* równoległe (*12*) do jednéj pary boków (a_1b_1, m_1n_1) dzielą drugą parę (a_1m_1, b_1n_1) na równe części.

---

*) Fig. 79 i 80 wyjęto ze Schreibera «Lehrbuch der Perspective» Leipzig 1875; fig. 81 zaś z tegoż autora «Linien-Perspective» Leipzig 1867.

Czy odcinek *mn* leży pod czy nad horyzontem, jest rzeczą obojętną.

Jeżeliby w celu przepołowienia odcinku *rs* zamiast horyzontu dogodniejszą była inna prosta, n. p. *tu*, do tego samego punktu zbiegu *W* dążąca, to można wedle rysunku a na téj saméj zasadzie i nią się posłużyć. Otrzymujemy o_2 a odcinki *rv* i *vs* są między sobą równe, tak samo jak *tw* i *wu*. Tak można postąpić, gdy się ma na ścianie pionowéj *abmn* (fig. 83) umieścić szczyt. Jego wierzchołek *q* leży koniecznie w pionowéj *op*, połowiącéj górną krawędź *mn*.

§. 71. Sposób dogodnego przenoszenia prostokąta pionowego w dalsze zagłębienia. Polega on na zasadzie §fu poprzedzającego i da się z korzyścią zastosować do rozwiązania dość często trafiającego się w praktyce rysowniczéj następującego zagadnienia: Danym jest pionowy prostokąt *abcd* (fig. 84), jak najdogodniéj wyrysować poczynający się w *fh* prostokąt téj saméj wysokości i szerokości?

Kreślimy przekątne *bh* i *df* a łącząc ich przecięcie *o* z punktami *a* i *c* i przedłużając te proste do *k* i *g*, otrzymamy *gk* jako drugi bok żądanego prostokąta. Fig. 84_a tymi samymi literami znakowana, rozwiązująca to samo zagadnienie geometrycznie, tłómaczy przeprowadzoną konstrukcyą perspektywiczną.

Gdyby się tylko rozchodziło o przeniesienie szerokości *lm* do *rq* (fig. 84_b), to można i horyzontu użyć, kreśląc przekątne *ms* i *pr*, a za pomocą punktu *o* proste *lot* lub *noq*; *rq* jest teraz wymiarowi *lm* perspektywicznie równe. — Że i przy rozwiązywaniu zagadnienia fig. 84 także horyzont może być pomocny z pominięciem prostéj *cd*, wypływa teraz samo przez się.*)

VII.

Cztery przykłady praktyczne do ćwiczenia.

§. 72. Uwagi ogólne. Wywody dotychczasowe zdążały, jak każdy łatwo pojmie, do umożebnienia wykreślania przedmiotów w perspektywie prostéj. Z przerobienia kilku z porządku teraz następujących przykładów praktycznych nasunąć się może uwaga, że właściwych reguł, wskazujących sposoby kreślenia jest w porównaniu z objętością opracowanego materyału bardzo mało, a wobec tego i pytanie, czyby tych

*) W rozdziale tym zajęto się perspektywiczném podzieleniem danych odcinków ale wyłącznie poziomych. Gdyby się rozchodziło o dokonanie podziału na odcinku prostéj ukośnéj do pl. podstawy, to sposób takiego podziału polega na zasadach poznanych. Że zaś wypadki podobne niezbyt często się zdarzają, to rozpatrzymy konstrukcyą tę dopiero na właściwym praktycznym przykładzie (§. 214).

reguł jako esencyi wszystkiego nie można podać krócéj, bez tak szczegółowego uzasadniania, w kształcie praw, według których by się przy kreśleniu ściśle postępować dało.

Na zapytanie takie wypadłaby odpowiedź twierdząca. Możnaby w rzeczy saméj potrzebne zasady i reguły podać bez bliższego tłómaczenia stosując je zaraz praktycznie. Tak dostarczonoby wprawdzie potrzebnych zasad perspektywicznych; przyswojenie ich atoli byłoby wobec braku umiejętnego uzasadnienia wyłącznie rzeczą pamięci. Zasady powierzchownie poznane nie stają się duchową własnością a stosowane w danych wypadkach, mechanicznie i bez świadomości rzeczy, nie wiodą wcale do samodzielności, szczególnie w utworach sztuki, gdzie zagadnienia perspektywiczne wystąpić mogą w najrozmaitszych postaciach, których ani przewidzieć ani przykładami choćby w przybliżeniu wyczerpać nikt nie zdoła. Trudności te pokona jedynie artysta, będący panem przedmiotu w całém tego słowa znaczeniu. Stać się nim jednak może tylko przez gruntowne przyswojenie sobie naukowo uzasadnionych praw perspektywy.

Tłómaczy to dotychczasową ścisłość wykładu.

Jeżeli tedy w toku przedstawiania rzeczy wydarzały się powtarzania główniejszych zasad, jeżeli przy wielu konstrukcyach zwracano uwagę na paragrafy dawniejsze lub jeżeli w ogóle sprawy niektóre rozwijano pozornie zaszczegółowo, to miało to zawsze powód ów głębszy, któremu w ustępie poprzedzającym kilka słów poświęcono. Chodziło, żeby się jaśniéj wyrazić, o utwierdzenie wyłożonéj rzeczy w umyśle i o utrzymanie ciągłego związku między wysnutą zasadą a jéj, nieprzerwanym łańcuchem płynącymi wynikami. Ta droga zdawała się najwłaściwszą do rozszerzenia widnokręgu i wniknięcia w istotę nauki przez rozpatrywanie spraw pokrewnych z rozmaitych punktów i sprowadzenie spraw pozornie różnych do wspólnych zasad.

§. 73. Przykład pierwszy.*) Temat. Figura 85 przedstawia parkiet posadzki złożonéj ze samych płyt kwadratowych, których geometryczne wymiary uwidoczniono we

---

*) Zadaniem przykładów tego rozdziału jest wyłącznie dostarczenie sposobności ćwiczenia się w praktyczném stosowaniu poznanych zasad. Momentów artystycznych, odnoszących się do umieszczenia punktu oka, stosownéj jego odległości i wysokości nie uwzględniono w nich wcale. Jakkolwiek tedy figury są poprawnie wykonanymi rysunkami perspektywy linijnéj, nie ma w nich co szukać wartości artystycznéj. Brak jéj jednak w niektórych i porównanie tychże z innymi, odpowiadającymi warunkom artystycznym, zniewoli właśnie do wyszukania istotnéj różnicy, zachodzącéj w założeniu różnych tych figur i naprowadzi tym sposobem pośrednio na wyż wymienione momenta artystyczne, o których w następujących §§. szczegółowo mówić się będzie.

fig. 85_a. — Punkt *A* i punkt odstępu *D*, a przeto odstęp oka *AD* na horyzoncie dany.

Wykr. Odcinamy cyrklem na *PP* odstępy $x1=12=23=$... i kreślimy stąd szereg prostych do *A*; są to perspektywy prostych z punktów *x*, *1*, *2*, *3*... wychodzących a do tła prostopadłych. Te same, co na *PP*, długości należy na jednéj z tych prostych, n. p. na *xA*, w głąb odcinać. Łączymy w tym celu punkty *1*, *2*, *3*... z punktem *D* (§. 60) i otrzymujemy na *xA* skalę głębokości *x*, *a*, *b*, *c*, *d*, *e*... Przechodzące przez te punkty proste, równoległe do *PP*, uzupełniają wykreślenie.

Ponieważ krótkość linii *PP* zezwala na rozwinięcie skali szerokości tylko do punktu *5* a głębokości do *e*, przeto trzeba na podstawie §. 61 skalę zagłębienia za pomocą odcinków $ee_1=e6=67$ do potrzebnéj głębokości rozwinąć (jak tu do *gy*). Skalę szerokości zaś na linii *gy* otrzymamy, odcinając $gh=hk=kl=$... po obu stronach aż do brzegów rysunku (§. 42).

§. 74. P r z y k ł a d d r u g i. T e m a t. We fig. 86 widać posadzkę ułożoną z kamieni, mających kształt prostokątów. Każdy z nich można uważać jako złożony (wedle fig. 86_a) z dwu na ukos do tła postawionych kwadratów, których boki z tłem zamykają 45 stopni.

Wykr. Po narysowaniu na fig. 86_a siatki pomocniczych prostych, jak *gm*, *fl*... i *pb*, *oc*..., na których oczywiście wierzchołki prostokątów się znajdują, odcinamy na *PP* szerokości *ae*, *ef*, *fg*, *gh*, *hw*... (znakowane jak w 86_a). Z punktów *a*, *e*, *f*, *g*.. wychodzące proste do punktu *D* są perspektywami boków *eb*, *fc*, *gd*, *hk* etc (Dla czego?).

Na prostéj *aA* przeciętéj w punktach *b*, *c*, *d*... otrzymamy skalę głębokości, a wychodzące z tych punktów proste *bp*, *co*, *dn*... są perspektywami znakowanych podobnie linij z fig. 86_a. Proste dążące z punktów *e*, *f*, *g*, *h*, *w*... do *A* wyznaczają na prostych *bp*, *co*.. perspektywy wierzchołków *q*, *r*, *s*, *t*, *u*, *v*... odpowiadających znakowanym podobnie punktom w 86_a.

Perspektywy *gp*, *fo*, *en*, *am* etc dążą do drugiego punktu odstępu, który jednak na rysunku się nie mieści. Mimo to można te proste otrzymać, przykładając (według 86_a) lineał tak, aby krawędź jego przechodziła przez oznaczone już punkty *a*, *q*, *u*, *m*... daléj *e*, *r*, *v*, *n*..., *f*, *s*, *o*, w_1... *g*, *p*, x_1..., które leżą właśnie na prostych zmierzających do drugiego punktu odstępu. Otrzymana tak siatka linij przedstawia niejako szkielet parkietu. Parkiet sam wykonamy przez opuszczanie w siatce zbytecznych części linij. Znacząc tedy według 86_a perspektywy części położonych na prostéj *am*, rysujemy wyraziściéj odcinek z *a* do prostéj *eb*, przerywamy prostą w szerokości jednego pasa *ef*, kreślimy ciąg dalszy przez szerokość trzech pasów *fg*, *gh*, *hw*, a więc od *q* do q_1, przerywamy znowu w szerokości *wx*, idziemy daléj przez trzy szerokości z *m* do m_1 itd.

Podobnie postępujemy wychodząc z punktów *e*, *f*, *g*... z liniami *en*, fw_1, gx_1 etc. Tak samo rysujemy prostą *fD* przez trzy szerokości (ff_1, f_1q, qq_2) z *f* do q_2 a następnie po opuszczeniu jednéj znowu przez trzy, od *c* do c_1 itd.

Rozumie się, że krótkość linii *PP* zmusza i tu do rozwinięcia skal szerokości i głębokości we większém zagłębieniu, (jak w_1, x_1, y_1, z_1...), co zresztą przy każdym takim przykładzie zachodzi. O okoliczności téj należy pamiętać i do niéj się w potrzebie zastosować, aby w następujących przykładach uniknąć niepotrzebnego w tym względzie powtarzania.

Głębokość *yy*, do jakiéj posadzkę w obu przytoczonych przykładach posunięto, jest tu dowolną. We fig. 85 liczymy w głąb siedm tafli kwadratowych; ile liczymy w głąb we fig. 86?

§. 75. Przykład trzeci. Temat. Fig. 87_a jest geometrycznym rysunkiem jednéj tafli parkietu z posadzki we fig 87 perspektywicznie przedstawionéj. Każda tafla z osobna składa się z czterech ukośnie ułożonych kwadratów i ośmiu półkwadratów, objętych fryzem. Szerokość *01* fryzu równa się *dg*, t. j. połowie przekątnéj *di*.

Po wyrysowaniu linij we fig. 87_a wykropkowanych otrzymano punkty *0, 1, 2, m, 3, 4, 5*, tworzące podziałkę o sześciu równych częściach.

Wykr. Podziałkę tę tak samo znakowaną przenosi się cyrklem na linią *PP* (fig. 87) ile razy się da i łączy punkty na *PP* z punktem *A*. Z linii *5D* wypada na prostéj *oA* punkt *t*, tak że można perspektywiczny kwadrat *05ts* uzupełnić. Przekątna *5t* tego kwadratu przecina proste *1A*, *4A* w punktach *q*. *r*, z których wykreślone poziome zamykają perspektywiczny kwadrat wewnętrzny *drpq*. Przez rozwinięcie podziałki *0, 1, 2, m, 3, 4, 5* w kierunku szerokości i głębokości, można otrzymać resztę pól kwadratowych w głąb, o ile tego trzeba, sięgających i przekątne, jak *rq*, dążące do punktu *D*, wyraźnie zaznaczyć.

Przekątne drugie, jak *dp*, bieżące do drugiego punktu odstępu, powstają przez przedłużenie przekątnych, jak *os*, która przejść musi zarazem przez oznaczone już punkty *t* i *v*. Do tego samego dochodzi się w innych polach przez przyłożenie lineału z uwzględnieniem znanych już wierzchołków *4*, *w*, *x*. Wykreślenie prostych *fl*, *ki*, *yz*.. dążących do *D* i prostych $kfzz_1$..., $ilyy_1$..., które zbiegają się w drugim punkcie odstępu, uzupełnia rysunek.

§. 76. Przykład czwarty. Temat. Fig. 88 przedstawia posadzkę ułożoną ze samych płyt sześciobocznych, jak je widać w geometrycznéj fig. 88_a. Odcięto w niéj na kole, ze środkiem *o* o stosownym promieniu, od punktu *m* pozio-

méj średnicy *mg* długość promienia, który, jak wiadomo, na obwodzie koła dokładnie sześć razy cyrklem da się odciąć.

Ze sześcioboków *m2kgcb*, *kgponi* i części dalszych *cgpf ik2l* widać, że wszystkie wierzchołki tych figur mieszczą się na prostych *af*, *mp*, *20*, *ln*... równoległych i w równych odstępach bieżących, niemniéj na prostych *al*, *b3*, *ck*, *di*, *en*, *fo*, które są do tamtych prostopadłe i odcinają na nich części na przemian równe $(ab=cd=ef=... \ bc=de=...)$.

Wykr. Te dwa układy prostych tworzą przeto szkielet całego rysunku, który da się perspektywicznie przedstawić przez odcięcie podziałki *abcdef*... na linii podstawowéj (ile miejsce dozwala) i wykreślenie z punktów *b*, *c*, *d*, *e*, *f*... prostych do *A*. Odcinki $b1=12=23=34$... (z fig. 88_a) przeniesione na linią *PP* dadzą punkty *1*, *2*, *3*, *4*, *5*... a te po połączeniu z *D* na linii *bA* skalę głębokości *b*, *1*, *2*, *3*, *4*... Linie *1py*, *2oz*, *3n*... równoległe do *PP* tworzą z owymi wykreślonymi do *A* kąty proste. Tak szkielet rysunku jest gotów, a wierzchołki perspektywicznych sześcioboków *bcgk2m*, *kgponi*... dadzą się oznaczyć.

Okoliczność że we fig. 88_a przekątne sześcioboku jednego w przedłużeniu zarazem boki sześcioboków innych, jak *bki*, *c2l*, *mgp*... przedstawiają, podaje środek dokładnego uzupełnienia rysunku. Wzdłuż krawędzi przyłożonego do *bki* linealu, która przez wierzchołki *q*, *r*, *s*... przejść musi, kreśli się bowiem we fig. 88 dobitniéj boki *ki*, *qr*... pomijając przekątne *bk*, *iq*... i postępuje podobnie przy *cgntu*, jakotéż *c2lvw*, *fix6*, *yztq*... rysując tylko odcinki *cg*, *nt*..., *2l*, *vw*.., *fp*, *ix*... *yz*, *tq*....

Z fig. 88_a widać, że proste *bi*, *cn*, *op*... są do siebie równoległe, perspektywy ich więc powinny dążyć do wspólnego punktu zbiegu. Podobnie ma się rzecz i z prostymi *bm*, *cl*, *fi*, *on*.. i ich perspektywami.

Gdzie są te punkty zbiegu?

Ponieważ cała posadzka jest pozioma, przeto muszą i krawędzie tafel jako linie poziome zbiegać się na horyzoncie.

Do dokładniejszego oznaczenia tych punktów zbiegu prowadzi rozpatrzenie fig. 88_a. Widać tam, że prosta *bm* i wszystkie do niej równoległe zamykają z kierunkiem *bf* kąt 120 stopni. Należy przeto w perspektywie wykreślić linią zamykającą z kierunkiem *bf* na linii *PP* kąt 120 stopni. W tym celu rysuje się przez kład*) oka *O* linią pp_1 (§. 28) i kąt $p_1Op_1=120^0$. Punkt, gdzie prosta Op_1 przetnie horyzont, jest punktem zbiegu perspektyw wszystkich prostych, zamykających, jak *bm*, z prostą *bf* kąt 120 stopni. Do tego punktu ze znakiem z_{120} dążą perspektywy wszystkich prostych, jak *bm*, *c2l*, *gk4*, *fpx*... *yzq*...

*) Obrót wedle §. 10.

Równie można wyznaczyć punkt zbiegu dla prostych, jak *cgn*, zamykających także 120 stopni z prostą *bf*, ale ramieniem *cg* na prawo odchyloném. Z wykreślenia bowiem przy *O* kąta $pOp=120^0$ wypada z'_{120} jako odnośny punkt zbiegu, do którego dążyć muszą wszystkie proste, jak *bki*, *cgn*, *po*... Rozumie się, że odległości obu punktów z_{120} i z'_{120} od *A* są jednakowe.

VIII.

Momenta artystyczne.

§. 77. T e m a t f i g u r p o r ó w n a ć s i ę m a j ą c y c h. Porównanie obu figur 89 i 90 przekonuje, że wrażenie, jakie na oku sprawiają, jest bardzo różne, chociaż obie przedstawiają ten sam przedmiot. Jest to sala z posadzką parkietową i powałą z kasetonami, o dwu oknach i jednych drzwiach tak w ścianie będącéj w głębi jak i w ścianach bocznych zbliżających się z głębi ku tłu. — W obu figurach rzeczywiste wymiary szerokości, wysokości i głębokości sali są jednakowe, podobnież i rozmiary tafel posadzki i kasetonów stropu.

W następujących trzech §§. dokonano porównania obu tych figur a to ze względu na położenie punktu oka, wielkość odstępu oka i wysokość oka czyli horyzontu.

§. 78. P o ł o ż e n i e p u n k t u o k a. We fig. 89 skrajne tafle — posadzka składa się z umiarowych ośmiokątów i kwadratów — z prawéj strony wydają się jakby gwałtem wyciągnięte, prawie spaczone i wyglądają nieforemnie w porównaniu z taflami środka lub lewéj strony; w ogóle rysunek ich nie sprawia na oku korzystnego wrażenia, podczas gdy we fig. 90, niewłaściwości tych nie ma a oko z przyjemnością na nią spogląda.

Cóż więc daje się w założeniu figur spostrzéc, coby tłómaczyło to zjawisko?

Oto położenie punktu oka *A* jest w obu wypadkach inne. W pierwszéj figurze punkt *A* znajduje się bliżéj lewego brzegu rysunku, podczas gdy w drugiéj jest on na linii pionowéj, od obu brzegów równo oddalonéj, czyli jak się krótko wyrażają, w e ś r o d k u o b r a z u. Że zaś, jak z rysunku widać, do *A* dążą perspektywy wielu prostych, to zmiana położenia jego stanowczo na wyż podniesione okoliczności wpływa.

Jeżeli tedy przy równéj dokładności i poprawności rysunku perspektywy linijnéj obraz korzystniéj się przedstawia, gdy punkt oka jest we środku, to wypada oczywiście warunkowi temu zadość uczynić. Warunek ten, jako wpływający na wartość rysunku ze względu na wrażenie, jakie na oku sprawia, jest już warunkiem piękna i tém samém wchodzi w zakres sztuki. Sporządzając tedy rysunek perspektywiczny, który

zadowolić ma wymagania artyzmu, należy się z warunkiem tym, ważnym i z innego jeszcze powodu, na seryo liczyć.

§. 79. Wielkość odstępu oka. Tafle posadzki są jednakowe; perspektywiczne wymiary ich zmniejszają się zatem ciągle w miarę zagłębienia. Ale zmniejszanie to nie odbywa się w obu wypadkach jednakowo. Tafle stanowiące drugi rząd za tłem są na figurze pierwszéj daleko mniejsze niż tafle rzędu pierwszego, tak że częstokroć zdawaćby się mogło, jakoby wszystkie tafle nie były równego rozmiaru, co znów z rzeczywistością, jak ją w takich wypadkach widzieć zwykliśmy, byłoby w sprzeczności. Oko nie znajduje zadowolenia, rysunek nie wydaje się pięknym i rodzi w widzu uczucie niemiłe.

W drugiéj figurze zmniejszenie nie jest tak nagłe, odpowiada zupełnie temu, co widzimy w rzeczywistości; oko czuje wewnętrzną prawdę w rysunku i patrzy nań z przyjemnością. Z obu rysunków równéj wartości konstrukcyjnéj drugi, jako zadość czyniący warunkom piękna, posiada i pewną wartość artystyczną, któréj pierwszy nie ma.

Cóż za okoliczność w założeniu figur wpłynęła na tak rozmaite wrażenie, jak je wywierają te dwa jeden przedmiot przedstawiające rysunki?

Oto wielkość odstępu oka. Na pierwszym rysunku równa się ona długości *AD*, na drugim wynosi dwa razy tyle. Punkt odstępu *D*, mieszczący się w pierwszym wypadku na rysunku, znajduje się w drugim po za nim na przedłużeniu horyzontu. Że zaś punkt ten służy, jak wiadomo, do odcinania wymiarów w kierunku głębokości (§§. 58 i 59), przeto we fig. 89 szerokość tafli *MN* odcięta w kierunku głębokości przedstawi się jak *Mn*, we fig. 90 zaś owa w tym samym kierunku odcięta szerokość *MN* jest linią Mn_1, wynoszącą tylko czwartą część niemal otrzymanéj na fig. 89 długości *Mn*.

Położenie punktu *D*, wyraźniéj niejednakowy odstęp oka, jest tedy bezpośrednią przyczyną różnego wrażenia, jakie obie figury sprawiają, a które poprzednio skreślono. Niekorzystniéj przedstawia się widocznie fig. 89 narysowana przy mniejszéj odległości oka, wynika przeto stąd, że należyty wymiar w wielkości odstępu oka jest momentem artystycznym niezmiernéj doniosłości i że należy przedewszystkiém wystrzegać się obierania odstępu zamałego.

§. 80. Wysokość oka czyli horyzontu. Streszczenie. Prócz wymienionych daje się spostrzéc w obu rysunkach jedna jeszcze różnica: We fig. 89 sprawia posadzka wrażenie pochyłéj, w górę się podnoszącéj płaszczyzny, chociaż w rzeczywistości jest bez wątpienia poziomą; w fig. 90 zaś błędnego tego złudzenia nie ma. I w tym względzie zatem rysunek pierwszy wywiera na oku niemiłe wrażenie czegoś

niezwykłego, sprzeciwiającego się temu, z czém się oko w rzeczywistości w takich razach spotyka.

Gdzież leży przyczyna téj niewłaściwości?

Różnicę tę powoduje wysokość horyzontu. Wszystkie krawędzie tafel jako linie poziome dążą do horyzontu, a że odległość tegoż od dolnéj ramy obrazu na rysunku pierwszym wynosi dwa razy tyle co w drugim, przeto we fig. 89 proste, bardziéj do poziomu nachylone, razem składają się na wrażenie spadzistości posadzki. Przeciwnie ma się rzecz z sufitem, który jak posadzka jest płaszczyzną poziomą. We fig. 90 wynosi oddalenie horyzontu od sufitu więcéj niż we fig. 89, stąd z fig. 90 wrażenie, jakoby sufit bardziéj spadał ku horyzontowi niż we fig. 89. Wrażenie to znowu lepiéj odpowiada temu, do czego oko w rzeczywistości nawykło, gdyż osobie znajdującéj się w sali o niezbyt niskiéj powale istotnie się wydaje, jakoby się sufit w głębi przestrzeni ku podłodze znacznie zniżał, nigdy zaś żeby się podłoga znaczniéj wznosiła.

Drugi rysunek odpowiada przeto tak co do posadzki jak i co do powały rzeczywistości, bo przedstawia rzecz tak, jak się ją widzi, a wywierając na oku takie wrażenie, jak natura sama, posiada wartość artystyczną, któréj pierwszy nie ma a któréj punkt ciężkości leży w umieszczeniu horyzontu stosownie do przedstawionego przedmiotu.*)

Rozbiór tego prostego przykładu doprowadza zatem do kilku wniosków, odnoszących się do artystycznéj wartości rysunku perspektywicznego, będących przeto wyłącznie artystycznéj natury. Ostatnie trzy paragrafy dałyby się tedy streścić w następujący sposób:

Punkt *A* powinien być na środku obrazu.

Odstęp oka nie powinien być zamały.

Horyzont powinien znajdować się w *stosownéj* wysokości.

§. 81. Zasady poprzedzających §§. potrzeba jeszcze wysnuć sposobem ogólniejszym. Są one bowiem w malarstwie tak ważne, że nie dość wyjaśnić je na jednym przykładzie.

Artysta wykonujący rysunek wedle praw perspektywy pragnie, aby utwór pędzla jego na widzu wywarł jak najkorzystniejsze wrażenie. Wzrok ma do pewnego stopnia uléc złudzeniu, formy linijne rysunku na tle winny przeto wy-

---

*) Wielka wysokość horyzontu w połączeniu z małym odstępem oka składają się na to, że fig. 89 w całości zupełnie co innego przedstawiać się zdaje niż fig. 90, jakkolwiek sala posiada w obu wypadkach jednakowe wymiary. Mianowicie sprawia fig. 89 w całości raczéj wrażenie bardzo głębokiéj a niskiéj sieni, podczas gdy fig. 90 wygląda istotnie na wysoką a niezbyt głęboką salę, jak to ze względu na wymiary geometryczne rzeczywistości odpowiada.

wrzeć takie wrażenie, jak przedmiot sam, za tłem umieszczony, gdyby nań oko ze swego stanowiska, przez tło przeźroczyste spoglądając, patrzyło (§. 3).

Każdy rysunek linijnéj perspektywy, wykonany według naukowych zasad, możnaby otrzymać także sposobem mechanicznym. Trzebaby tylko przedmiot odnośny mieć w naturze do rozporządzenia i ustawić go za tłem przeźroczystém*) (§. 3) w odpowiedniéj pozycyi. Po umieszczeniu oka w odległości od tła, która się równa odstępowi oka użytemu przy rysowaniu perspektywy, kreśli się kontury przedmiotu na szkle jak w §. 3.

O ile przeto rysunek mechanicznym sposobem otrzymany sprawi tylko wtedy na patrzącym takie wrażenie, jak przedmiot, jeżeli oko jego zajmuje to samo miejsce, co przedtem oko rysującego (§. 3), o tyle i rysunek wedle zasad naukowych wykreślony wywrze tylko wtedy najlepsze w całości wrażenie, jeżeli oko znajduje się w przestrzeni tam, gdzie przyjęto położenie jego (§. 11 i następne) podczas rysunku.

Gdyby tedy na rysunku perspektywicznym uwidoczniono punkt oka *A* i w jakiś sposób długość odstępu oka *AO*, to widz rozumiejący się na tych znakach od razu stanąłby tak, aby oko było naprzeciwko *A* w odległości *AO* od obrazu. Wrażenie, jakieby w tym wypadku obraz nań wywarł, byłoby doskonałe. Chcąc podnieść stopień złudzenia, potrzeba tylko po zamknięciu jednego oka patrzéć drugiém na obraz przez złożoną w kształt trąbki rękę.

Zewnętrznych wskazówek tego rodzaju na obrazie nikt nie uwidacznia. Należy przeto w założeniu obrazu tak się urządzić, aby patrzący mimowiednie zajął takie stanowisko, jak sobie tego artysta życzy, t. j. aby znajdował się naprzeciwko nieoznaczonego na obrazie punktu oka i w odległości równającéj się wielkości odstępu oka.

§. 82. Położenie punktu oka. Doświadczenie uczy, że kto chce całość obrazu objąć, staje wprost naprzeciwko środka jego, nie zbliżając się do jednéj ramy bardziéj niż do drugiéj. Jeżeli tedy takie stanowisko zajmuje, a intencyą malarza jest, aby się widz znajdował naprzeciwko punktu oka, to naturalnie punkt oka musi być w środku obrazu umieszczony.**)

§. 83. Wielkość odstępu oka. Co do odległości, z jakiéj patrzący spoglądać będzie na obraz, to ta zależy od wielkości obrazu. I tu doświadczenie daje pewną wskazówkę.

---

*) a względnie tło przed przedmiotem.

**) t. z. punkt oka znajdować się musi na linii pionowéj, zarówno oddalonéj od obu pionowych ram obrazu (por. §. 78).

Uczy ono, że chcąc się przedmiotowi średnich lub większych rozmiarów przypatrzeć tak, żeby go jednym rzutem oka bez zwracania głowy w całości objąć, trzeba stanąć od niego w odległości, która równa się przynajmniéj jego największemu wymiarowi, najczęściéj jednak nieco daléj. Jeżeli tedy oko widza zwykło przypatrywać się obrazowi z odległości równającéj się mniéj więcéj półtorakrotnéj szerokości obrazu — jeżeli szerokość jest większą od wysokości — a półtorakrotnéj wysokości w wypadku przeciwnym, to artysta we własnym interesie przyjmie dla perspektywy swego obrazu odstęp oka równy owéj odległości, t. j. odległości, która wynikła z potrzeby dokładnego widzenia.

Reguła ta nie wystarcza jednak dla obrazów bardzo małych rozmiarów. Przy czytaniu choćby drobnego bardzo pisma zbliżamy oko do karty tylko do pewnéj granicy, wynoszącéj średnio dla normalnie zbudowanego wzroku 20—24 *cm*. W téj odległości widać znaki dokładnie, wyraźność ta jednak niknie, jeżeli się odstęp zmniejszy. Przypatrujący się zatem obrazowi bardzo małych rozmiarów trzymać go będzie od oka również w odległości 20—24 *cm*, a nigdy mniéj, jeżeli zechce szczegóły widzieć na nim dobrze.

Stąd zasada: Najmniejszy odstęp oka, na który się przy rysowaniu obrazów choćby najskromniejszych rozmiarów zgodzić można, wynosić musi 20—24 *cm*.

§. 84. Naukowe uzasadnienie wyniku obu poprzedzających §§. Rzecz dotąd rozpatrywana, oparta niejako na doświadczeniu, polega na budowie oka i da się jako taka ściśle uzasadnić.

Wszystkie promienie widzenia dążą, jak wiadomo, do środka soczewki ocznéj. Jeżeli promień taki ma działać na nerw wzrokowy, za pomocą którego sprawa widzenia się odbywa, czyli jeżeli punkt, z którego ów promień wychodzi, ma być widziany, to promień musi się do oka dostać. Wchodzi on tam otworem tęczówki, t. j. owém czarném kołem, zajmującém środek zewnętrznéj połowy gałki ocznéj, które źrenicą zowią. Zmienne to co do wielkości swéj koło tworzy podstawę stożka, z wierzchołkiem padającym w środek soczewki ocznéj, stożka samą budową oka stale oznaczonego, znanego pod mianem stożka widzenia. Proste idealnéj powierzchni łączą wierzchołek jego, t. j. środek soczewki z obwodem otworu kołowego tęczówki, a że owymi prostymi są promienie widzenia, to też wszystkie punkty, których promienie widzenia w obrębie powierzchni stożkowéj się znajdują, odbijają się jako obraz na siatkówce; z punktów po za powierzchnią stożka promieni widzenia nie ma, oko ich więc nie dostrzega.

Ale i punkty, które promieni takich dostarczają, nie wszystkie jednakowéj są dla oka wyrazistości. Najdobitniéj widać te, które znajdują się w osi stożka, czyli głównéj osi oka, zwanéj także głównym promieniem widzenia. Inne punkty widać coraz niewyraźniéj, a to w miarę zwiększania się kątów, zawartych między ich a promieniem głównym widzenia. Granicę wyrazistości stanowią kąty 20^0, tak że cały kąt widzenia (§. 2), pod jakim przedmiot pewien oku się przedstawia, wynosić może najwięcéj 40*) stopni, jeżeli jeszcze i skrajne jego punkty wyraźnie widzieć chcemy.

Sprawa widzenia sama polega na tém, że wychodzące z przedmiotu promienie widzenia utworzą obraz jego na siatkówce; podrażnienie udziela się za pomocą czopków ocznych nerwom i mózgowi i wywołuje to, co widzeniem nazywamy. Aby ono mogło być wyraźne, potrzeba jeszcze żeby widomy punkt nie był zbyt blisko oka. Najmniejsza jego od oka zdrowego odległość musi z przyczyn fizykalnych wynosić najmniéj 20—24 *cm*.

Tak więc wynika z teoryi, że widz takie tylko przed obrazem stanowisko zająć może, jak je §. 82 i 83 określa, gdyż tego wymaga budowa oka; ma więc a) tak stanąć, aby go widział pod kątem 40—30 stopni, przeto w odległości, któraby się równała półtora do dwukrotnie większemu rozmiarowi obrazu.

Ażeby widzieć tak prawą jak lewą część obrazu z jednakową dokładnością, musi główny promień widzenia przejść przez środek obrazu, a więc wypadnie b) i stanowisko widza naprzeciw tego środka**).

Jeżeli w końcu przy mniejszéj niż 20–24 *cm* odległości od oka nie widzi się pewnego punktu już wyraźnie, to c) nikt o normalnym wzroku nie będzie się przedmiotom z mniejszego oddalenia przypatrywał***).

§. 85. Z zestawienia wysnutych w §§. 82, 83, 84 zasad wynika następujące w malarskiéj perspektywie wielkiéj doniosłości prawidło:

Ze względów artystycznych punkt oka znajdować się musi na środku obrazu. Odstęp oka jest co najmniéj tak wielki, jak przekątna obrazu; zwykle jednak równa się półtora do dwukrotnéj szerokości płótna, jeżeli szerokość — zaś półtora do dwukrotnéj wysokości, jeżeli wysokość

---

*) bo oś stożka połowi go na dwa po 20°.

**) Główny promień widzenia jest tedy linią przesuniętą przez oko prostopadle do tła (§. 8).

***) Co do obszerniejszych w tym względzie wskazówek patrz: Tilscher «System der techn. malerischen Perspective» Prag strona 239—267.

jest większym wymiarem jego. Najmniejsza długość jednak, którą odstęp oka nawet w obrazach najskromniejszych rozmiarów bezwarunkowo zawsze mieć musi, wynosi 20—24 *cm*.

Uwaga 1. Z przytoczonego prawidła wynika bezpośrednio, że artysta przed rozpoczęciem rysunku ma stanowczo obmyśleć rozmiary obrazu swego, t. j. zaznaczyć brzegi jego czyli ramy, gdyż od większego z tych wymiarów zawisła wielkość odstępu oka. Po wykreśleniu rysunku niewłaściwém byłoby rozszerzenie obrazu w kierunku większego wymiaru (dla czego?) Jest ono tylko w kierunku mniejszego wymiaru dozwolone (do jakiéj granicy?)

Uwaga 2. Porównując wygłoszone w tym § prawidło z wynikiem §. 79 należy zastanowić się jeszcze, czy określona powyższém prawidłem długość odstępu oka, odnośnie do warunku w §. 79 wyrażonego, nie jest za małą.

Jako następstwo nie dość wielkiéj odległości oka wykazano w §. 79 na wykonanym w rysunku przykładzie niemiłe dla oka, bo zanadto nagłe zmniejszanie się linij, mających kierunek perspektywicznéj głębokości. Ponieważ zaś praktyka rysunkowa przekonuje, że przy odstępie oka, przyjętym według §. 85 owe niewłaściwości w perspektywiczném skracaniu się nikną, a rysunki dla takiéj odległości oka wykreślone wrażenie przyjemne sprawiają, da się więc wypowiedziane w §. 85 prawidło, jako wszelkim warunkom artystycznym odpowiadające, w każdym wypadku stosować.*)

§. 86. Zastosowanie zasady co do odstępu oka dla obrazów bardzo małych. Zachodzi ono przy kopiowaniu obrazów w zmniejszonych rozmiarach.

Jeżeli np. chodzi o mniejszą o połowę kopią obrazu o szerokości 60 *cm*, a cokolwiek mniejszéj wysokości, wyrysowanego dla odstępu oka 80 *cm***), to otrzymamy żądaną kopią, a to dla połowy odstępu oka, t. j. dla 40 *cm*, jeżeli cały obraz ze wszystkimi na nim znachodzącymi się szczegółami sposobem rysunkowym o połowę zmniejszymy. Przypatrujący się temu obrazowi musiałby zająć okiem pozycyą naprzeciwko środka jego w odległości 40 *cm*. Dla kopii, któréj rozmiary wynosiłyby tylko czwartą część rozmiarów danego obrazu, byłaby szerokość kopii 15 *cm*, odstęp oka zaś 20 *cm*, doszedłby tém samém granicy, poniżéj któréj schodzić nie może.

Przypatrując się obrazkowi temu trzymalibyśmy go od oka w odległości 20 *cm*, a więc tak jak książkę, którą czytamy.

---

*) Z tego téż powodu nie ma potrzeby, aby odstęp oka był większy od dwukrotnego większego wymiaru obrazu, t. j. aby kąt widzenia był mniejszy od 30° (§. 84).

**) co jeszcze można dozwolić.

Dla kopii zmniejszonéj w jednéj szóstéj części obrazu, mającéj zatem 10 *cm* szerokości, (jak n. p. mały sztych) odstęp oka wynosiłby $^{80}/_{6}=13^{1}/_{3}$*cm*. To znaczy, że obrazek ten sprawiłby na oku wrażenie właściwe, gdyby mu się przypatrywano z odległości 13 *cm*. W téj odległości zdrowe, normalnie zbudowane oko już wyraźnie nie widzi, przypatrywanie się zatem z téj odległości staje się fizycznie niemożebne, a że fizycznie nienaturalne przypuszczenia nie mogą iść w parze z estetycznėm wrażeniem, przeto kopii téj mimo poprawnego rysunku artystycznéj wartości przyznać już nie można. Gdyby jednak koniecznie potrzeba sporządzić tak małą kopią, to należałoby dla odległości oka co najmniéj 20 *cm*, cały rysunek wedle zasad naukowych perspektywy na nowo przerobić.

§. 87. W y s o k o ś ć o k a c z y l i h o r y z o n t u. Co do wysokości horyzontu na obrazie, to tu nie można żadnych szczegółowych wskazówek udzielić. Leży on, jak wiemy (§. 8), w wysokości oka osoby rysującéj. Chcąc zatem otrzymać jak najlepsze wrażenie z obrazu, należałoby horyzont umieścić w wysokości oka patrzącego, a jakkolwiek on nie jest na obrazie linią prostą uwidoczniony, przecież da się z łatwością wzrokiem dość dokładnie odszukać. Okoliczność ta jednak żadnych wskazówek nie daje co do wysokości horyzontu na obrazie, bo jakkolwiek obraz może być powieszony na ścianie wedle upodobania, a więc i z horyzontem w wysokości oka patrzącego, to to kwestyi o d l e g ł o ś c i h o r y z o n t u o d d o l n é j r a m y o b r a z u nie załatwia. Wzgląd na wywarte wrażenie optyczne, który dotąd w ocenianiu należnéj pozycyi punktu oka i stosownéj długości odstępu tegoż dobre oddał usługi, nie daje nam w téj mierze żadnych wskazówek.

Wypadki rysunkowe uczą wprawdzie, że np. zawysoki horyzont sprawia wrażenie, jakoby się posadzka przestrzeni zamkniętéj skośnie wznosiła, nadto niski zaś, jakoby sufit zasilnie spadał (fig. 89 i 90), lecz jakkolwiek na podstawie rozwiniętego i podobnych jemu przykładów możnaby pewnych wskazówek co do wysokości horyzontu udzielić, to wskazówki te nigdy z bezwzględną stanowczością wypowiedzieć się nie dadzą. Późniejsze przykłady (§. 175, 176) okażą, jak to w tym względzie rozmaite okoliczności wpłynąć mogą na postanowienie artysty i jak to, mimo że oznaczenie wysokości horyzontu należy do spraw najważniejszych, rozstrzygnięcie téj kwestyi zdane jest wyłącznie na indywidualny sąd artysty.

IX.

Użycie części odstępu oka i praktyczne ich zastosowania.

§. 88. Z a s t ą p i e n i e p u n k t ó w o d s t ę p u D i D_1 p u n k t a m i c z ę ś c i o w e g o o d s t ę p u. Z §. 85 wynika, że punkty odstępu, służące do odcinania perspektywicznych głębokości, leżą z a w s z e po za ramami obrazu i są w ogól-

ności niedostępne. Możnaby wprawdzie w pewnych wypadkach radzić sobie powiększeniem płaszczyzny rysunkowéj, umieszczając płótno na wielkiéj ścianie i uwidoczniając na przedłużonym dostatecznie horyzoncie punkty odstępu D i D_1. Sposobu tego jednak ani zawsze chwycić się*), ani w razie gdyby można, nie byłby on wygodnym dla nadmiernéj długości linij, któreby do punktów D, D_1 kreślić wypadło i któreby pracę wielce utrudniały.

Tak rozchodzi się o sposób, któryby artyście prawdziwie wykształconemu zapewnił niezależność od tak zewnętrznych okoliczności. Polega on na wprowadzeniu w konstrukcyą zamiast całego odstępu oka téj jego części, która się w obrębie obrazu na horyzoncie mieści.

Jeżeli np. na prostéj MA (fig. 91) od M wychodząc w kierunku głębokości odciąć mamy perspektywicznie długość MN, łączymy jak wiadomo punkt D w razie dostępności jego z punktem N i otrzymamy Mn jako żądany perspektywiczny odcinek. Gdybyśmy długość AD przepołowili, punkt połowiący oznaczyli symbolem $D/_2$**) i połączyli go z punktem n, to prosta $D/_2 n$ przetnie linią MN koniecznie w punkcie połowiącym długość MN***), który dla tego oznaczono symbolem $N/_2$. Jeżeliby przeto były dane punkty $N/_2$ i $D/_2$ jako połowiące długości MN i AD, to łącząca je prosta musi oczywiście przejść przez punkt n.

Możemy więc perspektywiczną długość Mn otrzymać albo przez odcięcie rzeczywistéj długości MN na PP i połączenie punktów N i D, albo też przez odcięcie połowy $MN/_2$ rzeczywistéj długości na PP i połączenie punktu $N/_2$ z punktem $D/_2$, wyrażającym połowę odstępu oka.

Jeżeli tedy PR (fig. 91) jest ramą obrazu z lewéj strony, AD odstępem oka, niedającym się na horyzoncie w obrębie obrazu w całości odciąć, a należy długość MN od M w kierunku głębokości MA wyznaczyć, to przyjmujemy na horyzoncie punkt $D/_2$ tak, żeby $AD/_2 = \frac{1}{2} \times AO$, daléj odcinamy na PP od M odcinek $MN/_2 = \frac{1}{2} \times MN$. Linia łącząca punkty $N/_2$ i $D/_2$ odetnie na MA punkt n i rozwiązuje zagadnienie. Podobnie i prosta łącząca punkt $N/_3$, który dzieli długość MN na trzy równe części, z punktem $D/_3$, wyrażającym trzecią część odstępu oka, przejdzie przez punkt n. Można zatem także było otrzymać perspektywiczny odcinek Mn, znacząc na

*) Jeżeli artysta maluje n. p. freskę na całéj ścianie albo obraz, którego płótno całą ścianę zakrywa, to o przedłużeniu płaszczyzny rysunkowéj już i mowy nie ma.

**) bo odległość jego od A jest połową odstępu oka.

***) na zasadzie podobieństwa powstających trójkątów.

PP trzecią część długości *MN* w punkcie $N/_3$, a na horyzoncie trzecią część odstępu oka $D/_3$. Prosta łącząca punkty $N/_3$ i $D/_3$ odcina punkt *n* i również rozwiązuje zagadnienie.

Punkty $D/_4$, $D/_5$... $N/_4$, $N/_5$ w tém samém znaczeniu użyte jak $D/_2$, $D/_3$... $N/_2$, $N/_3$ prowadzą naturalnie do tego samego rezultatu.

Punkty $D/_2$, $D/_3$, $D/_4$... nazywamy punktami częściowego odstępu oka.

Uzasadnione jest tedy twierdzenie: Jeżeli na horyzoncie w obrębie obrazu punkty odstępu *D* i D_1 z powodu potrzebnéj wielkości odstępu oka nie mieszczą się, to w celu wyznaczenia perspektywicznéj głębokości odcinamy na horyzoncie tę część odstępu oka, która się zmieści, znacząc ją przynależnym punktem częściowego odstępu $D/_2$, $D/_3$, $D/_4$...; następnie na *PP* odcinamy połowę, jednę trzecią, czwartą... część wyznaczyć się mającéj głębokości i łączymy punkt końcowy z odpowiednim punktem częściowego odstępu. Linia ta odetnie w kierunku głębokości żądany odcinek*).

§. 89. *Zagadnienia. 78.* Na prostéj *MA* (fig. 92) od punktu *M* w głąb odciąć długość *MN* dziesięć razy.

Wykr. Na horyzoncie od *A* ku prawéj mieści się tylko czwarta część odstępu oka; znaczymy przeto punkt $D/_4$ a na *PP* odcinamy długości $M1 = 12 = .. = 45 = {}^1/_4 \times MN$. Łącząc punkty *1, 2, 3, 4, 5* z $D/_4$ otrzymamy na *MA* długości *M1, 12, 23, 34, 45* perspektywicznie równe, których prawdziwa wielkość jest *MN*. Każda z części na *PP*, jak $M1 = 12 = ...$ przedstawia czwartą część téj długości. Perspektywiczny odcinek *M1* na *MA* jest przeto cztery razy tak duży jak geometryczny odcinek *M1* na *PP*.

Podziałkę na *MA* mamy jeszcze przedłużyć o dalszych pięć części. Do tego nie można już użyć linii *PP*, bo brakuje miejsca. Postępujemy w tym wypadku podobnie, jak w §. 61 i dalszych. Rysujemy prostą *5s* a odcinając na niéj $56 = 67 = ...$

---

*) W niektórych podręcznikach perspektywy nie podają z zasady sposobu, którymby całkowity punkt odstępu dał się zastąpić. Tak n. p. powiada Péquégnot «Leçons de Perspective» Paris 1872 na str. 52: «Nie tykałem sprawy rozpatrywanéj we wszystkich perspektywach, t. j. sprawy, o częściach odstępu oka» a wspomniawszy, na czém ona polega, mówi daléj: «lecz sądzę, że większość tych kreśleń, bardzo dowcipnie nieraz w tym celu pomyślanych, by otrzymać perspektywę bez wykroczenia po za obręb obrazu, jest dla artysty tylko kłopotem, który trudności zwykłe jeszcze pomnaża etc. Utrzymuję, że perspektywę należy kreślić z całym odstępem oka i uważam to za środek najdogodniejszy i najpraktyczniejszy dla artysty.» Końcowe twierdzenie zupełnie słuszne, tylko że w praktyce malarskiéj absolutnie nie da się zastosować (chyba przy małych obrazach na dużém płótnie lub kartonie wykonanych). Całe rozumowanie Péquégnota jest z gruntu błędne.

9, 10 i łącząc punkty 6, 7, 8... z $D/_4$, otrzymamy na MA dalsze odcinki $56=67=$... 9, 10 perspektywicznie równe odcinkom poprzednim. Części $56=67=$... na $5s$ są ćwiartkami rzeczywistéj długości odcinków $56=67=$.. na MA, ale mierzonymi w głębokości punktu 5. Prawdziwą długość ich uzyskujemy jak zawsze na linii PP (porównaj §. 60. i dalsze).

Na zasadach ogólnych §. 58 i dalszych polega rozwiązanie i zagadnień następnych.

79. Od punktu m (fig. 93) położonego na podstawie w pewnéj głębokości odciąć w głąb daną długość MN dwa razy.

Wykr. Przedłużamy Am do M, odcinamy dla $D/_2$ wymiar $MN/_2 = \frac{1}{2} \times MN$ i otrzymujemy długość $MN/_2$ w zmniejszeniu $mn/_2$ stosownie do głębokości punktu m. Prosta $n/_2 D/_2$ wyznacza punkt n tak, że długość mn równa się teraz w rzeczywistości $2 \times MN/_2 = MN$. Odcinając $mn/_2 = n/_2 p/_2$ i rysując $p/_2 D/_2$ otrzymamy np jako równe mn; mp równa się tedy $2 \times MN$.

Uwaga. Zamiast odcinać $n/_2 p/_2$ na poziomej z m, można także narysować z n prostą poziomą, która linią $n/_2 A$ przetnie w $p_{1/2}$, leżącym na prostéj $p/_2 D/_2$. Wynaleść się da przeto punkt p także bez powtórnego odcięcia długości $mn/_2$ w $n/_2 p/_2$, a to za pomocą punktu $p_{1/2}$ wyznaczonego na $n/_2 A$. (Porównaj §. 62).

80. Jak wielki jest odcinek qr w rzeczywistości? (fig. 93).

Wykr. Rysując qs i $D/_2 r$ otrzymamy qr_1 jako połowę rzeczywistéj wielkości qr, zmierzonéj w zagłębieniu punktu q. Po wykreśleniu Ar_1 do $R/_2$ przedstawia $MR/_2$ połowę rzeczywistéj długości perspektywicznego odcinku qr. Prawdziwa długość qr równa się przeto $2 \times MR/_2$.

81. Oznaczyć podobnie wielkość rzeczywistą odcinku tu.

Wykr. Odpowiedniejszym jest $D_{1/2}$. Za jego pomocą uzyska się ut_1 jako połowę odcinku tu w głębokości u. W celu oznaczenia rzeczywistéj długości punkt A jest niedogodny, gdyż prosta Au nie przetnie PP w obrębie obrazu. Rysujemy tedy z dowolnego, na horyzoncie obranego punktu F (§. 45) proste Ft_1 i Fu do $T/_2$ i U i otrzymujemy $UT/_2$ jako połowę rzeczywistéj długości perspektywicznego odcinku tu.

82. Odciąć od punktu b (fig. 93) w pewnéj głębokości położonego długość MN w kierunkach szerokości bs, wysokości bw i głębokości bA. (Porównać z §. 63 i odpowiedzieć na wszystkie pytania tam nawiązane).

83. Od punktu h odciąć na prawo szerokość daną s, w górę wysokość w, a w głąb głębokość z. Uzupełnić rysunek bryłowy.

Jak nazywa się bryła geometryczna tym sposobem narysowana?

§. 90. *Zastosowania praktyczne.* Przykład pierwszy. Temat. Fig. 96 przedstawia parkiet, którego szkic geometryczny widać w fig. 96_a. Jest on złożony z fryzów MN, OP, QR,

ST przecinających się pod kątem prostym, pomiędzy którymi powstałe przestrzenie wypełniają płyty kwadratowe *U*.

Wykr. Szerokośc obrazu w każdéj z figur 96—99 wynosi około 12½ *cm*. Odstęp oka równający się 1½ krotnéj szerokości (§. 85) byłby 19 *cm*. Jest to jednak zamało (§. 85). Przyjmujemy przeto odstęp oka równy 25 *cm*. Czwarta część téj długości mieści się jeszcze w obrębie obrazu po którejkolwiek stronie punktu *A* zajmującego jego środek (§. 85); znaczymy przeto na horyzoncie $D/_4$ (§. 88).

Odcinając na *PP* (fig. 96) na przemian długości *ab* i *ba*... z fig. 96_a, łączymy te punkty *a*, *b*, *a*, *b*... z *A* i otrzymujemy fryzy w kierunku głębokości idące. Na linii *aA* należy teraz wedle 96_a odciąć w kierunku zagłębienia długości *ac*, *ca*, *ac*... równe poprzednim *ab*, *ba*, *ab*... Ponieważ z całkowitego odstępu oka odcięto część czwartą ($D/_4$), znaczymy na *PP* długości $ac/_4 = \frac{1}{4} \times ac$, $c/_4 a/_4 = \frac{1}{4} \times ca$ itd. (§. 88 i następne) a łącząc punkty $c/_4$, $a/_4$, $c/_4$... z $D/_4$, otrzymujemy na prostéj *aA* podziałkę *a*, *c*, *a*, *c*... w kierunku zagłębienia. Wychodzące z tych punktów równoległe do *PP* wyznaczają fryzy równoległe do tła, a między nimi same przez się powstają płyty kwadratowe.

§. 91. P r z y k ł a d d r u g i. T e m a t. Fig. 97 przedstawia plan geometryczny posadzki, podobnéj z wymiarów i urządzenia do poprzedniéj, tylko że w miejscu przecięcia się fryzów umieszczono jeszcze skośnie ułożone kwadraty *K*.

Wykr. Wymiary *ab*, *ba*, *ab*... i *ac*, *ca*, *ac*... odcinamy we fig. 97 i rysujemy fryzy jak poprzód.

W celu umieszczenia w rysunku perspektywicznym kwadratów *K* spostrzegamy, że boki ich przechodzą przez wyznaczone już wierzchołki *m*, *n*, *o*, *p*... kwadratów między fryzami, daléj że wierzchołki *1*, *2*, *3*, *4* kwadratów *K* leżą na liniach z punktów *d*, *h*, *f*... idących w kierunku zagłębienia. Odcinamy przeto na *PP* obok każdego fryzu punkty *d*, *h*, *f*... wzięte cyrklem z fig. 97_a i kreślimy proste *dA*, *hA*, *fA*..., co uzupełnia szkielet rysunku perspektywicznego.

W nim znaczymy teraz wybitniéj wszystkie kwadraty *mnop*, przerywając linie w miejscach przecięcia się fryzów, t. j. tam, gdzie mają wypaść kwadraty *K*. W celu otrzymania tychże rozpatrujemy się we fig. 97_a. Spostrzegamy tu, że boki *12* kwadratów K_1 i K_3 i oczywiście wszystkich następnych w kierunku przekątnéj *ampm*... umieszczonych tworzą prostą linią, przechodzącą przez punkt *c* i wszystkie punkty *n*.., które w kierunku téj przekątnéj leżą. Przykładamy tedy we fig. 97 lineał tak, aby krawędź jego przechodziła przez punkt *c* i wszystkie w kierunku przekątnéj *ampm*... położone punkty, oznaczone literami *n* i rysujemy wybitnie długości odpowiednich boków *12*, *12*... zawarte pomiędzy liniami *dA*, *hA*... Tak samo postępujemy z bokami *34* kwadratów *K*, uwzględniając, że takowe

leżą na prostéj, która przechodzi przez punkt *b* i wszystkie w kierunku przekątnéj *ampm* położone punkty *o*. Rysujemy długości tych boków *34, 34...* jako zawarte między liniami *hA, fA..*

Resztę boków, jak *14* i *23* wykreślamy między liniami *dA, hA* i *hA, fA* pamiętając, że tworzą one linie proste, przechodzące przez wszystkie wierzchołki *p...* i wszystkie wierzchołki *m* w kierunku przekątnych *cono*.

Uwaga. W podobny sposób zawsze trzeba postąpić. Z figury geometrycznéj należy się dokładnie poinformować, w jakim związku poszczególne linie proste rysunku ze sobą zostają i jakich linij konstrukcyjnych w celu dopełnienia szkieletu rysunku szukać należy (jak n. p. we fig. 97 ważne linie *dA, hA, fA....*). Z korzyścią będzie w tym względzie szkicem geometrycznym jakąś partyą parkietu, t. j. większą ilość tafli w związku, w małym choćby rozmiarze dokładnie przedstawić, bo tylko tym sposobem da się związek poszczególnych linij między sobą badać i uproszczenia znaleść. Dostrzeżone w rysunku geometrycznym relacye stosuje się następnie w odpowiedni sposób i w perspektywicznym i uzyskuje tak figurę szybko bez przepełnienia niepotrzebnymi liniami. (Porównaj fig. 86, 87, 88).

§. 92. Przykład trzeci. Temat. We fig. 98 przedstawiono parkiet złożony ze samych płyt kształtu umiarowych sześcioboków, podobnie jak we fig. 88, tylko że płyty te teraz względem linii *PP* inne zajmują położenie, mianowicie takie, jak je fig. 98_a wykazuje.

Wykr. Chcąc otrzymać szkielet rysunku perspektywicznego odcina się na *PP* (fig. 98) długości *db*=*bd*=*db*=... cyrklem z fig. 98_a i rysuje linie *dA, bA...* Następnie oznacza się dla $D/_4$ na linii *PP* odcinki $df/_4 = {}^1/_4 \times df$, $f/_4 d/_4 = {}^1/_4 \times fd$, $d/_4 f/_4 = {}^1/_4 \times df$... i łączy punkty $f/_4$, $d/_4$, $f/_4$... z punktem $D/_4$. Tak powstaje na linii *dA* podziałka perspektywiczna *df, fd, df...* a wykreślone z punktów *f. d, f...* linie równoległe do *PP* uzupełniają szkielet rysunku.

Ponieważ przekątne sześcioboku jednego tworzą w przedłużeniu boki innych (ob. fig. 88), to można teraz przyłożyć lineał w kierunku przekątnéj prostopadłéj do tła i wyznaczyć na liniach *bA, dA...* boki *gk* sześcioboków, jak to na *bA* uwidoczniono. Następnie układa się lineał tak, aby krawędź jego, przechodząc przez bok *dg* w kierunku drugiéj przekątnéj, mieściła na sobie wszystkie w tym kierunku położone boki sześcioboku, i rysuje wybitnie boki *dg, kg...* w kierunku obu pozostałych przekątnych.

§. 93. Przykład czwarty. Temat. Przedstawiony we fig. 99 parkiet składa się z umiarowych ośmioboków i

kwadratów na przemian ułożonych, jak fig. 99_a geometrycznie to unaocznia.

Wykr. Na linią *PP* przenosimy z 99_a długości *ba*, *ab*, *ba*... cyrklem i rysujemy proste *bA*, *aA*, *bA*... Następnie wyznaczamy na prostéj *bA* podziałkę głębokości, a mianowicie najprzód zagłębienie *bc* a późniéj na przemian *cd*, *dc*, *cd*... Dzieje się to przez odcięcie na *PP*, od punktu *b* zacząwszy, długości $bc/_4 = {}^1/_4 \times bc$, a późniéj $c/_4 d/_4 = {}^1/_4 \times cd$, $d/_4 c/_4 = {}^1/_4 \times dc$... i następne połączenie punktów $c/_4$, $d/_4$, $c/_4$... z punktem $D/_4$. Przez punkty *c*, *d*, *c*, *d*... podziałki tak na *bA* otrzymanéj rysujemy równoległe do *PP*, które uzupełniają szkielet rysunku.

Wykonanie jego samego najlepiéj rozpocząć od wybitnego wyznaczenia kwadratów *1234*, zawartych wedle fig. 99_a między prostymi *xx*, *yy*, *bz*, *aw*, które to proste w rysunku perspektywicznym podobnie znakowano. Na ostatek rysujemy boki ośmioboku, jak *24*, *24*, *24*..., *13*, *13*, *13*.. leżące (jak fig. 99_a wskazuje) z przekątnymi kwadratów *1234* w jednéj linii prostéj.

We fig. 100—105 podano plany geometryczne przykładów dalszych, które uczący się we własnym interesie należycie przerobić winien.

X.

Dodatek.

§. 94. Prawo matematyczne skal głębokości i zbiegu.*) We fig. 92 spostrzegamy na prostéj *MA* dziesięć odcinków perspektywicznie równych; każdy z nich przedstawia rzeczywistą długość *MN*. Geometrycznie biorąc, części te na *MA* zmniejszają się ciągle od *M* ku *A*, a to wedle pewnego prawa matematycznego, którego poznanie nie nastręczy wprawdzie korzyści praktycznych, ale z innych względów zasługuje na uwagę.

Jeżeli we fig. 94 prostą *BA* przepołowimy w punkcie *2*, tak żeby *B2* było geometrycznie równe *A2*, i chcemy odcinek *B2* jeszcze kilka razy perspektywicznie na linii *BA* odciąć, to obrawszy dowolny punkt *K* rysujemy *K2* do *E* i odcinamy na *PP* długości *BE*=*EG*=*GJ*=... Za pomocą prostych do *K* idących otrzymamy dalsze punkty *3*, *4*, *5*... Odcinki *B2*, *23*, *34*, *45*... są teraz perspektywicznie równe i tworzą na *BA* skalę głębokości. Przyjąwszy, że rysunek wypadł zupełnie dokładnie, można się przekonać cyrklem,**) że $A3 = {}^1/_3 \times AB$, $A4 = {}^1/_4 \times AB$, $A5 = {}^1/_5 \times AB$ itd. i że linie

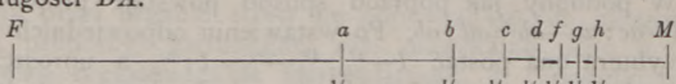
*) Schreiber »Lehrbuch der Perspective« str. 78 i »Linien Perspective« str. 64.

**) w następnym §. będzie ścisły dowód.

wykreślone przez punkty *2, 3, 4, 5*... równolegle do *PP*, dzielą dowolną inną prostą np. *MF* w tym samym stosunku, jak to na prostéj *MF* cyframi uwidoczniono.

Każdy skrzypek lub gitarzysta wie, że struna instrumentu w połowie przyciśnięta wyda ton o oktawę wyższy od tonu, który wydaje drganie struny całéj; że z dwóch trzecich uzyska kwint, z trzech czwartych kwart, z czterech piątych terc tonu pierwszego.

Przyjąwszy teraz *AB* jako długość struny całéj widzimy, że chcąc przez wprawienie części jéj w drganie otrzymać tony harmonijne z tonem pierwszym (powstałym przez drganie struny całéj), musimy przyciskać strunę *AB* w miejscach, gdzie wypisano cyfry *2, 3, 4, 5*. Drgająca długość *2B* wyda oktawę, długość *3B* wyda kwint, *4B* kwart a *5B* terc tonu pierwszego. Części drgające struny, które dostrajają się do harmonii z tonem pierwszym, zostają tedy względem struny całéj w tym stosunku, jak odpowiednie długości na skali zagłębienia otrzymane, względem całéj długości *BA*.



Linia *FM* przedstawia długość jednostki z częściami na niéj wyznaczonymi, zupełnie jak we fig. 94. Oprócz liczb znakowano punkty w celu łatwiejszego wytłómaczenia sprawy jeszcze literami.

Zwróćmy uwagę na cztery takie punkty téj prostéj. Trzy z nich bezpośrednio po sobie następujące wypisujemy w tymsamym porządku, skądkolwiek jednak wychodząc, czwartym zaś zawsze jest punkt *M*; np. *F, a, b, M*. Nazwijmy całą długość *FM* odcinkiem pierwszym; długość *Fb* odcinkiem drugim; długość *Fa* odcinkiem trzecim i ułóżmy następującą proporcyą:

Odcinek pierwszy pomniejszony o drugi *ma się* do odcinku drugiego pomniejszonego o trzeci, *jak* pierwszy do trzeciego; a więc:

$$FM-Fb : Fb-Fa = FM : Fa.$$

Wstawmy zamiast tych znaków odpowiadające im na rysunku liczby, jako części prostéj *FM*, która sama wyraża długość jednostki, to otrzymamy $1-\frac{2}{3} : \frac{2}{3}-\frac{1}{2} = 1 : \frac{1}{2}$ czyli po obliczeniu $\frac{1}{3} : \frac{1}{6} = 1 : \frac{1}{2}$.

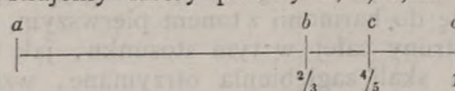
Znachodzimy, że ta proporcya jest dobra, gdyż iloczyny z wyrazów średnich i skrajnych są sobie równe, mianowicie: $\frac{1}{3} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{6} \times 1 = \frac{1}{6}$.

Weźmiemy jeszcze pod rozwagę inną seryą czterech punktów, podobnie jak poprzednio ułożonych, np. *a, b, c, M*

i ustawimy taką jak poprzód proporcyą: $aM-ac:ac-ab=aM:ab$ czyli $1/2-1/4:1/4-1/6=1/2:1/6$, t. j. $1/4:2/24=1/2:1/6$, to i ta proporcya jest dobrą, gdyż $2/24\times 1/2=1/4\times 1/6=1/24$.

Podobnie i każda inna proporcya, utworzona z którychkolwiek czterech punktów w powyższy sposób ułożonych, jest proporcyą dobrą. Proporcye takie znali już matematycy greccy przed Chrystusem i nazwali je proporcyami harmonijnymi. Nazwę usprawiedliwia sposób wysnucia następującéj:

Wiadomo, że ton pierwszy z swą tercyą i kwintą tworzy akord harmonijny, daléj że przyjąwszy długość całéj struny, wydającéj ton pierwszy, za jednostkę, powstaje terc przez drganie $4/5$, a kwint $2/3$ téj długości. Po rysunkowém przedstawieniu tych odcinków na jednéj prostéj o długości $ad=1$ uzyskujemy cztery punkty a, b, c, d.



W podobny jak poprzód sposób powstaje proporcya: $ad-ac:ac-ab=ad:ab$. Po wstawieniu odpowiednich liczb przybiera ona postać $1-4/5:4/5-2/3=1:2/3$ a uproszczona da ostatecznie proporcyą: $1/5:2/15=1:2/3$, która jest dobrą.

Ponieważ tedy z równoczesnego drgania trzech jednakowych strun, z których po przyjęciu długości pierwszéj za jednostkę dano drugiéj $4/5$ a trzeciéj $2/3$ téj długości, powstaje akord harmonijny — nazwano proporcyą dobrą, utworzoną sposobem powyższym z czterech punktów na linii prostéj odpowiednio tym długościom ułożonych, a więc i punktów a, b, c, d — proporcyą harmonijną.

Ponieważ na skali głębokości BA (fig. 94) z czterech punktów, z których jednym zawsze musi być punkt A, inne trzy gdziekolwiek zresztą wzięte, jak np. $B, 2, 3, A$,— $2, 3, 4, A$, — $3, 4, 5, A$ itd. bezwarunkowo tuż po sobie następować mają, zawsze się da ułożyć proporcya harmonijna, przeto powiadamy, że jednakowe w rzeczywistości odcinki zmniejszają się na skali głębokości według prawa harmonijnego.

Prawo to nie ogranicza się do prostéj BA, t. j. skali głębokości, bo i na dowolnéj innéj, jak FM lub EN, przecinającéj równoległe do PP przechodzące przez punkty 2, 3, 4, 5.... otrzymujemy stosunki tesame, tak np. $N5_1=1/5\times NE$, $N4_1=1/4\times NE$ itd. Nadto ważne jest ono dla każdéj innéj prostéj, jeżeli tylko na niéj w jakikolwiek sposób odcięto skalę, przedstawiającą jednakowe perspektywiczne odcinki. Tak np. we fig. 94. dla prostéj EN, przeciętéj liniami $K3$, $K4$, $K5$... w punktach g, i, k, l... Odcinki Eg, gi, ik,

kl... są między sobą perspektywicznie równe (§. 65). Zmniejszenie się ich od *E* ku *N* podobnież ulega prawu harmonijnemu, jakkolwiek wyrażonemu w mniéj dogodnych niż poprzód liczbach; w każdym razie jednak i tu z czterech punktów, ułożonych jak powyżéj, np. *E*, *g*, *i*, *N* da się utworzyć proporcya harmonijna: $EN—Ei : Ei—Eg = EN : Eg$, która jest dobra. Skali takiéj, jak *Eg* i *kN* na *NE*, nie nazywamy już skalą głębokości, ale ponieważ leży na prostéj o dowolnym punkcie zbiegu *N*, ogólnie s k a l ą z b i e g u.

Tak tedy okazały przykłady, że prawem harmonijnéj proporcyi rządzi się i muzyka i malarstwo. Wyrazem tego prawa w muzyce jest długość strun drgających, by wydać przyjemny d l a u c h a akord harmonijny; w rysunku perspektywicznym, będącym ostatecznie najważniejszą podstawą malarstwa, temuż samemu prawu podlegać musi zmniejszanie się odcinków na skali perspektywicznéj głębokości lub też skali zbiegu, jeżeli rysunek ma n a o k u wywrzeć wrażenie przyjemne. O ile przeto akord nieharmonijny, otrzymany przez drganie strun nie odpowiadających długością swą proporcyi harmonijnéj razi muzykalne ucho, o tyle wszelka nieuzasadniona nieregularność, t. j. wszelki błąd rysunkowy w skali głębokości lub skali zbiegu, wywrze i na wykształconém oku niemiłe wrażenie.

§. 95. R o z ł o ż e n i e p ł a s z c z y z n y p o d s t a w y n a p a s y o s z e r o k o ś c i r ó w n a j ą c é j s i ę o d s t ę p o w i o k a, a k i e r u n k u r ó w n o l e g ł y m d o t ł a. Jeżeli we fig. 95 obierzemy perspektywę *2* punktu dokładnie we środku między *PP* i *HH*, (a więc tak jak punkt *2* prostéj *BA* we fig. 94), to przyjąwszy, że punkt ten leży na płaszczyźnie podstawowéj, łatwo się da wykazać, że zagłębienie jego za tłem równa się dokładnie wielkości odstępu oka.

Niech np. *AD* przedstawi cały odstęp oka, to szukając głębokości punktu *2*, kreślimy wedle znanych już praw linie *A2* do *M* a *D2* do *II*. Odcinek *MII* jest teraz miarą zagłębienia punktu *2*. Ponieważ wedle przyjętego położenia punktu *2* długości *A2* i *M2* są sobie równe, przeto trójkąty *AD2* i *M2II* są przystające, a zagłębienie *MII* równać się musi odstępowi oka *AD*.

Gdyby odstęp oka był AD_1, to otrzymamy zagłębienie punktu *2*, kreśląc $D_1 2$ do II_1. Odcinek MII_1, który zagłębienie punktu *2* w t y m w y p a d k u przedstawia, równa się z téj saméj jak poprzód przyczyny odstępowi AD_1. To samo da się wykazać dla każdego innego odstępu oka.

Bez względu na wielkość odstępu oka można tedy twierdzić, że każdy punkt położony na płaszczyźnie podstawowéj w zagłębieniu (za tłem), równającém się wielkości odstępu oka,

posiada swoję perspektywę na linii *xx*, leżącéj dokładnie we środku między *PP* i *HH*. Punkty przeto płaszczyzny podstawowéj, znajdujące się na obrazie między liniami *xx* a *PP* (fig. 95) czyli krócéj, przed linią *xx*, jak np. *a*, są za tłem zagłębione mniéj, niż odstęp oka wynosi; punkty po za linią *xx*, jak np. *b*, leżą za tłem we większéj niż odstęp oka odległości.

Obrawszy na linii *AM* punkt *3*, tak żeby $A3 = 1/_3 \times AM$ i szukając jego zagłębienia, otrzymujemy przy odległości oka *AD* zagłębienie to równe *MIII*. Ponieważ teraz $M3 = 2 \times A3$ a trójkąty *AD3* i *MIII3* są podobne, to musi być także $MIII = 2 \times AD$ czyli punkt *3* posiada za tłem zagłębienie *MIII*, równające się podwójnéj odległości oka *AD*. — Przy odległości AD_1 otrzymuje się zagłębienie punktu *3* jako $MIII_1 = 2 \times AD_1$ z powyższéj przyczyny.

Bez względu na wielkość odstępu oka można przeto twierdzić, że każdy punkt położony na płaszczyźnie podstawowéj w zagłębieniu (za tłem) równającém się wielkości podwójnego odstępu oka, posiada swą perspektywę na linii *yy* oddalonéj od *PP* o $2/_3$ wysokości oka. (Odległości *PP* od *HH*, §. 10). Zagłębienie przeto każdego punktu obrazu, położonego na płaszczyźnie podstawowéj między *xx* a *yy* wynosi więcéj niż odległość oka a mniéj niż podwójny odstęp tegoż. Punkty po za *yy* znajdują się za tłem w odległości, która jest większą niż podwójny odstęp oka.

Przyjmując podobnie punkt *4* tak, żeby $A4 = 1/_4 \times AM$, znachodzimy znowu przy odległości oka *AD*, względnie AD_1, zagłębienie za tłem wynoszące $AIV = 3 \times AD$, względnie $AIV_1 = 3 \times AD_1$. Z tego wnosimy, że każdy punkt obrazu położony między *yy* a *zz* na płaszczyźnie podstawowéj, leży za tłem daléj niż podwójna, a bliżéj niż potrójna odległość oka.

Obierając w podobny sposób punkty *5*, *6*... tak, żeby $A5 = 1/_5 \times AM$, $A6 = 1/_6 \times AM$... znachodzimy, że punkt *5* leży za tłem w odległości czterokrotnego, a punkt *6* w odległości pięciokrotnego odstępu oka itd. *)

Zag. Jakie odległości za tłem posiadają punkty *r* i *s* we fig. 94? (*r* więcéj niż trzy- a mniéj niż czterokrotną, *s* więcéj niż pięcio- a mniéj niż sześciokrotną odległość oka).

Można sobie przeto bez oglądania się na wielkość odstępu oka przestrzeń pomiędzy *PP* a *HH* rozłożyć liniami, jak we fig. 94 i 95 otrzymanymi, na pasy, które ze względu na głębokość perspektywiczną jednakowo są wielkie, t. j. posiadają wymiary równe odstępowi oka. Linie te uzmysławiają

---

*) Z położenia punktów *2*, *3*, *4*, *5* linii *AM* i porównania długości odcinków *A2*, *A3*, *A4*, *A5* z całą długością *AM* wypływa właśnie ścisły ów dowód, na który się w poprzednim §. powołano.

wybornie odległości rozmaitych punktów płaszczyzny podstawowéj za tłem, odległości, których jednostką wymiarową jest każdoczesny odstęp oka.

Rozdział drugi.

Przedmioty bryłowe o kształtach graniastych.

Na szczegółowe rozpatrywanie zasługują tu oczywiście kształty takie, które najczęściéj bywają tematem rysunkowego przedstawienia. Są to mianowicie schody, dachy, sklepienia i gzymsy jakoteż pewne formy inne, które nie łatwo ogólną nazwą ująć.

XI.

Schody.

§. 96. Schody o czterech stopniach, prowadzące do drzwi, które się w głąb otwierają. Przedstawiono je we fig. 106.

W rysunku geometrycznym (fig. 106_a) uwidoczniono stosunki rozmiarowe, jakie między poszczególnymi częściami przedmiotu zachodzą. Mianowicie przedstawia część dolna rzeczonéj figury w szczegółach swoich długość bb_1, dd_1, ff_1... i szerokość bd, df, fh.. stopni, jakoteż połowę szerokości pm i zagłębienie nm framugi drzwiowéj. W ogóle zaś przedstawia ta część widok schodów z góry, tak zwany geometryczny rzut poziomy czyli geometryczny plan (t. j. z braku miejsca jego połowę). W górnéj części przedstawia się szerokość bc, de, fg i wysokość ab, cd... owych stopni jakoteż połowa szerokości pn framugi; w ogólności widok przedmiotu z przodu. Szerokość stopni przyjmują częstokroć jako równą podwójnéj wysokości, tak że $bc = 2 \times ab$.

Przedmiot ten mamy perspektywicznie przedstawić tak, aby stopnie długością swoją bb_1, dd_1... były skierowane w stronę perspekt. zagłębienia. Przednia ściana pionowa, na któréj występuje profil schodów $abcdefgh$, ma się mieścić na samém tle.

Wykr. Po narysowaniu (we fig. 106) linij HH i PP jakoteż punktu oka A znaczymy na horyzoncie punkt $D/_2$ oddalony od A o 11 *cm*. Cały odstęp oka wynosi przeto 22 *cm*. Wykreśliwszy profil schodów $abcd..ghh'...b'a'$ (z fig. 106_a) jako na tle położony, we właściwéj wielkości, prowadzimy następnie ze wszystkich punktów profilu krawędzie do punktu A, a to na razie jako linie konstrukcyjne o nieoznaczonéj długości, i odcinamy wreszcie w kierunku Aa długość stopnia bb_1.

Do tego przenosi się na PP cyrklem odcinek $ax = \frac{1}{2} \times bb_1$ (z fig. 106_a); z połączenia punktów x i $D/_2$ wypadnie punkt a_1. Linia a_1a_1 równoległa do PP uzupełnia perspektywę aa_1a_1a'

prostokąta, sięgającego od tła w głąb aż do muru pionowego, do którego schody przypierają. W liniach pionowych z punktów a_1, a_1 rozpocznie się drugi profil schodów; mieści się on oczywiście na pionowéj a do tła równoległéj ścianie muru i jest powtórzeniem pierwszego, ale w stosowném do głębokości zmniejszeniu. (Na jakiéj zasadzie?). Tak powstanie a_1b_1 jako należycie już zmniejszona krawędź pionowa stopnia, odpowiadająca ab itd. Na pozioméj przez a_1 odcina się w końcu cyrklem długość $a_1l=b_1c_1=d_1e_1=$.. t. j. wymiar szerokości stopni, gdyż według planu pionowa ściana bb_1a_1a stopnia dolnego i pionowa ściana boczna muru są o długość b_1l, równającą się szerokości stopnia, oddalone.

I n n y s p o s ó b, łatwy a zapewniający w ogólności bardzo dokładny rysunek, polega na wykreśleniu linij ukośnych bh, ag, $b'h'$, $a'g'$, które przechodzą przez wszystkie wierzchołki stopni i zaznaczają ogólny spadek schodów. Z o w i ą s i ę o n e l i n i a m i s p a d u. W rzeczywistości parami równoległe, muszą się one jako na tle położone i w perspektywie geometrycznie równolegle przedstawić. Profil drugi, który w głębokości a_1b_1 powtórnie wystąpi, leży na płaszczyźnie muru równolegle do tła, linie spadu a_1g_1, b_1h_1 są przeto także do ag, bh geometrycznie równoległe. (§. 21).

Otrzymuje się tedy linie spadu przez przeniesienie figury $abhh'b'a'$ (z 106$_a$) na tło i wykreślenie prostych $ag//bh$ i $a'g'//b'h'$; po uzyskaniu zaś prostéj a_1a_1 w zagłębieniu i pionowéj krawędzi a_1b_1 rysuje się $a_1g_1//b_1h_1//bh$. Tak mając linie spadu i profil ab.. hh'.. $b'a'$ na tle, znaczymy wybitnie krawędzie stopni, z punktów h, f, d, b, do A dążące, aż do punktów h_1, f_1, d_1, b_1 linii spadu b_1h_1; również gg_1, ee_1, cc_1 do linii spadu a_1g_1, poczem uzupełnia się drugi profil pionowymi i poziomymi liniami h_1g_1, g_1f_1... Otrzymano tak pośrednio punkt h_1 a więc i poziomą h_1h_1', która jest przecięciem poziomej płaszczyzny górnego stopnia z pionową ścianą zagłębioną muru.

Uwaga. Zagłębienie to można tu jednak i bezpośrednio otrzymać, a to przez wyszukanie punktu h'_1. Potrzeba tylko odciąć długość $h'y=ax={}^1/_2\times bb_1$ (gdyż $h'y$ leży również na tle) i punkty y i $D/_2$ połączyć. Na linii $yD/_2$ i prostéj $h'A$ znajduje się punkt h'_1.

W poziomie $hh'h_1h'_1$ najwyższego stopnia należy jeszcze uwidocznić f r a m u g ę d r z w i o w ą, t. j. w głębokości $h_1h'_1$ przedstawić perspektywicznie wedle planu geometrycznego szerokość nn_1 i zagłębienie n_1m tejże. W tym celu odznacza się na prostéj hh' (leży na tle) długość $h'n'$ (we fig. 106$_a$ odcinek h_1n) we właściwéj wielkości, a z wykreślenia prostéj $n'A$ powstaje w zagłębieniu h'_1h_1 zmniejszona już stosownie szerokość h'_1n_1, którą cyrklem wprost (§. 42) do h_1n po drugiéj stronie przenosimy. Uzyskano w ten sposob szerokość framugi nn_1.

Zagłębienie jéj n_1m (fig. 106ₐ) otrzymamy na linii n_1A w głąb idącéj, znacząc na $h_1h'_1$ połowę (dla $D/_2$) *nm* ale w odpowiedniém zmniejszeniu, t. j. przenosząc połowę *nm* z fig. 106ₐ do *n'm'* na *hh'*. Linia *m'A* odcina na $h_1h'_1$ punkt 1_1. Prosta $1_1D/_2$ wyznacza zagłębienie n_1m rzeczonéj framugi, którą przez wykreślenie z *m* pozioméj i pionowéj linii uzupełniamy.

§. 97. Schody poprzedniego §fu w innéni położeniu. Przedstawia je fig. 107, różniąca się tém od fig. 106, że stopnie długością swoją równoległe są do tła, a profil *abcde*... jakoteż płaszczyzna muru pionowego dążą ku głębi. Zamiast czterech stopni mamy tu jednakże pięć; szerokość płaszczyzny najwyższego stopnia nie uległa atoli zmianie, tak jak i wymiary framugi.

Wykr. Przyjmując, że ściana pionowa muru, t. j. ściana *Pll* (fig. 107) na tle leży, wypada według fig. 107ₐ ścianę pionową pierwszego stopnia, t. j. prostokąt aba_1b_1 zagłębić o szerokość stopnia. Dzieje się to przez odcięcie (dla $D/_2$) długości $l1 = {}^1/_2 \times b_1l$ (z 107ₐ) i wykreślenie linij *lA* i $1D/_2$. Z powstałego tak punktu a_1 rysuje się poziomą aa_1 i nadaje jéj długość równą perspektywicznie długości bb_1 z fig. 107ₐ ($lr = bb_1$). Na pionowych w *l* i *r* wzniesionych odcina się teraz wysokość stopnia pięć razy. Otrzymamy tak na owych pionowych punkty *I, II, III, IV, V,* wyznaczające wysokości pięciu stopni. Następnie szukamy w kierunku zagłębienia na linii *rA* wymiaru szerokości stopni.

W tym celu przenosi się na linią *PP* z punktu *1* wychodząc (z fig. 107ₐ) połowy szerokości stopni, t. j. ${}^1/_2 \times bd$ i odcina ten wymiar w punktach *2, 3, 4, 5* czterykroć. Dla dokładności rysunku można i obok punktu *r* w podobny sposób postąpić. Z połączenia tych punktów z punktem $D/_2$ powstają na prostych *lA* i *rA* odpowiednie skale zagłębienia. Prosta *uw* przedstawia zagłębienie ściany pionowéj ostatniego (piątego) stopnia. Kreśląc z punktów *I, II, III, IV, V* proste do *A*, a z punktów skal głębokości linie pionowe, otrzymamy profile *ab...hik* i $a_1b_1...h_1i_1k_1$ schodów, których jednę stronę prostymi przez wierzchołki profilów przechodzącymi a równoległymi do *PP* uzupełniamy.

Odciąwszy od punktu *5* (na *PP*) odległość *58* równającą się *xh* (z 107ₐ) t. j. połowie szerokości płaszczyzny najwyższego stopnia i połączywszy punkty *8* i $D/_2$, otrzymamy na skali zagłębienia punkt *k'*. Pozioma *k'p* daje zagłębienie drugiéj krawędzi k'_1k'' górnego stopnia, którą otrzymujemy jako połączenie punktów przecięcia się linij *VA* z pionowymi $k'k'_1$ i *pk''*. Od krawędzi k'_1k'' rozpoczyna się część schodów po drugiéj stronie. W celu zakończenia całego profilu znaczymy perspektywicznie na linii *rpA* od *p* wychodząc znowu szerokości czterech stopni, przenosząc części *r1, 12, 23, 34* z *PP* w zagłębie-

nie p. Uzyskane tam punkty $1_1, 2_1, 3_1, 4_1$ łączą się z punktem $D/_2$. Pionowe z punktów skali zagłębienia (poczynającéj się od p) aż do odpowiednich linij *VA*, *IVA*, *IIIA*, *IIA*, *IA* uzupełnią profil.

Otrzymano tak perspektywę schodów bez poprzedniego wyznaczenia linij spadu, linij jednak zawsze bardzo pomocnych, bo chroniących od niedokładności rysunkowych. Przy niezupełnie starannym rysunku stać się bowiem może, że wierzchołki stopni b, d, f, h, k, niemniéj c, e, g, i, otrzymane sposobem poprzednim, nie będą dokładnie leżały na jednéj prostéj, a to przecież być musi. Niedokładnościom tym zawsze można zapobiéc wyznaczeniem z góry tych linij spadu, na których się owe wierzchołki mieszczą. Linie te zawsze dogodnie wyznaczać jako proste łączące wierzchołki pierwszego z odpowiednimi wierzchołkami ostatniego stopnia; linie b_1k_1 i bk są więc liniami spadu. Możnaby tedy profile otrzymać także wyznaczając najprzód punkty b_1 i b, późniéj k_1 i k i kreśląc linie b_1k_1 i bk. Uzyskawszy następnie punkty d_1, f_1, h_1, punkty, w których się linia spadu b_1k_1 z liniami *IIA*, *IIIA*... przecina, wykreślamy z nich jako wierzchołków i proste pionowe i do *A* dążące. Powstaną przez to punkty c_1, e_1, g_1, i_1 a więc cały profil. Podobnie postępuje się z drugim profilem przy bk.

Pozostaje jeszcze konstrukcya framugi drzwiowéj. Odcina się w tym celu na *PP* długość *56* równającą się $1/_2 \times nh_1$ (z 107_a) i łączy punkt *6* z punktem $D/_2$. Tak powstaje na *IA* punkt v; pionowa z niego wyznacza na *VA* punkt n_1. Odcinek k_1n_1 równa się dla $D/_2$ długości h_1n fig. 107_a. Podobnie przenosimy na *PP* odcinek $67 = mp$ (ze 107_a); kreśląc $7D/_2$ uzyskujemy n' a pionowa stąd wyznacza na *VA* punkt n. — n_1n jest perspektywicznym wymiarem szerokości framugi, któréj głębokość oznacza się na prostéj nm. Dokonano tego w wysokości górnego stopnia, kreśląc przez punkt V poziomą i odcinając na niéj długość $VM = nm$ (z 107_a). Prosta *MA* wyznaczy na linii nm punkt m, a więc i głębokość framugi. Krawędzie pionowe wychodzące z punktów n_1, n, m, do góry jakoteż przedłużenie linii *Am* uzupełniają jéj rysunek.

Przy rysowaniu schodów można tedy szukać obydwu profili albo za pomocą linij spadu albo bez nich a to bądź każdy niezależnie od siebie bądź jeden z nich tylko, a drugi wysnuć z pierwszego za pomocą linij równoległych do *PP*. W razie nieużywania atoli linij spadu należy się w końcu przekonać, czy wierzchołki stopni leżą istotnie na jednéj linii prostéj, co być musi. Gdyby tak nie było, to trzeba rysunek z większą uwagą powtórzyć i błąd usunąć, bo niedokładności téj, rażącéj oko, łatwo dostrzéc.

§. 98. Bezpośrednie wyznaczenie linij spadu. Że linie spadu b_1k_1 i bk są między sobą równoległe, nie ulega

wątpliwości. Jako takie muszą też mieć wspólny punkt zbiegu. Ponieważ proste te leżą na płaszczyznach równoległych do płaszczyzny pionu *V* (§. 16), to ich punkt zbiegu znajdować się musi na pionie *VV*, podobnie jak prostych *ab*, *cd*, *ef*, *gh*, *ik* we fig. 24. Wyznaczone tedy linie spadu b_1k_1 i *bk* muszą się w należytém przedłużeniu przeciąć w punkcie $+z$ położonym zarazem na pionie *VV*.

Jeżeli jednak punkt $+z$ leży za granicami rysunku, tak że nie można sprawdzić zbiegania się w nim obu linij spadu, a więc i zupełnéj w tym względzie dokładności rysunku, to mimo to można się przekonać, czy linie owe należyte położenie zajmują. Dzielimy w tym celu w punkcie $k_{1/2}$ odległość k_1A na dwie równe części, tak samo w $k/_2$ odległość kA. Rysując przez $k_{1/2}$ prostą, geometrycznie równoległą do b_1k_1, otrzymamy na linii *VV* punkt $+z/_2$, którego odległość od punktu *A* połowę tego tylko wynosi, co odległość punktu $+z$. Wynika to z podobieństwa trójkątów k_1Az i $k_{1/2}Az/_2$. Jeżeli teraz linia, geometrycznie równolegle do *bk* przez $k/_2$ wykreślona, przejdzie dokładnie przez $+z/_2$, to obie proste spadu b_1k_1 i *bk* mają należyte położenie.

Linia spadu $k''b'$ musi dążyć do punktu $-z$ położonego poniżéj *A* o tyle, o ile $+z$ wyżéj leży (podobnie jak proste *bl*, *dm*, *hn* we fig. 24). Chcąc się znowu o należytym kierunku téj linii spadu przekonać, potrzeba tylko w punkcie $k''/_2$ odległość $k''A$ przepołowić i punkt $k''/_2$ z punktem $-z/_2$, leżącym o odległość $+z/_2A$ poniżéj *A*, połączyć. Linia $k''b'$ musi do prostéj $-z/_2k''/_2$ być równoległą.

Te punkty zbiegu ukośnych linij spadu, otrzymane jak poprzód punkt $+z$, przez przecięcie się wyznaczonych już linij spadu z pionem *VV*, można jednak zawsze łatwą konstrukcyą wprost wyznaczyć, a do nich potem linie spadu kreślić.

Na podstawie pojęcia punktu zbiegu (§. 5) potrzebaby przez oko przesunąć prostą równoległą do linij spadu, (t. j. ich promień zbiegu) i szukać punktu, w którym ta prosta tło przetnie. Leży ona na płaszczyźnie pionu *V* i ma zamykać z poziomem kąt taki jak linia spadu. Jest to tedy zupełnie taka sama prosta, jak linie *R* i R_1 figury 10 (§. 17). Na podstawie zasady szczegółowo w §. 17 wyłożonéj, potrzeba tylko w punkcie *D* narysować linią zamykającą z horyzontem kąt taki, jaki zamyka owa linia z poziomem. Gdzie to przez *D* przechodzące ukośne ramię linią pionu *VV* przetnie, tam jest punkt zbiegu owych ukośnych (a więc punkt zbiegu linij spadu).

Z fig. 107_a widać, że kąt między linią spadu *ag* a poziomą *a4* najłatwiéj otrzymuje się z odcięcia połowy poziomej długości *a4* na pionowéj, w punkcie *4* wzniesionéj,

t. j. $4g = \frac{1}{2} \times a4$, (bo wysokość stopnia równa się połowie jego szerokości). Kąt ten należy przy D narysować. W braku D rysujemy go przy $D/_2$, odcinając dowolną długość (niezbyt małą) $D/_2x$ na horyzoncie dwukrotnie aż do y, a na pionowéj w y raz jeden aż do B. Linia $D/_2B$ zamyka teraz z horyzontem żądany kąt, a jeżeli ją do pionu VV przedłużymy, otrzymamy punkt znakowany symbolem $+z/_2$. Odległość $Az/_2$ jest teraz również połową poziomej długości $AD/_2$*), można przeto było punkt $+z/_2$ wprost wyznaczyć. Punkt ten $+z/_2$ nie jest jednak jeszcze punktem zbiegu linij spadu, ale łatwo pojąć, że jeżeli owę ukośną, (jak $D/_2B$) nie przez $D/_2$ ale przez D poprowadzimy — jak to ostatecznie być powinno — to ona przetnie pion VV w punkcie $+z$, dwa razy tak odległym od A, jak $+z/_2$, t. j. w punkcie $+z$, którego odległość od A równać się zatem musi całéj długości $D/_2A$. Ten punkt $+z$ jest punktem zbiegu linij spadu.

Jeżeli tedy szerokość stopnia równa się jego podwójnéj wysokości, to odległość $+zA$ musi się równać długości $AD/_2$, przeto $+z/_2A$ równa się połowie téj długości. Ponieważ przy rysowaniu schodów można najczęściéj ten stosunek przyjąć, przeto dadzą się w takich wypadkach punkty $+z$ i $+z/_2$, a więc i $-z$ i $-z/_2$ na linii VV wprost cyrklem odciąć. Kierunek linij spadu b_1k_1 i bk da się zatem bezpośrednio otrzymać, jeżeli tylko wynalezione punkty b i b_1 z punktem $+z$ połączymy. Gdyby zaś punkt ten wypadł po za granicami rysunku, to łatwo teraz zrozumieć, że linie spadu b_1k_1 i bk muszą być geometrycznie równoległe do prostych $+z/_2b_{1/_2}$ i $+z/_2b/_2$, jeżeli punkty $b_{1/_2}$ i $b/_2$ odległości b_1A i bA przepołowiają. Podobnie linia spadu $k''b'$ dąży do $-z$ albo jest geometrycznie równoległą do prostéj $-z/_2k''/_2$, jeżeli punkt $k''/_2$ połowi odległość $k''A$.

Gdyby dla braku miejsca nawet punkty $+z/_2$ i $-z/_2$ na obrazie się nie mieściły, to można na pionie VV odciąć np. punkty $+z/_4$ i $-z/_4$, t. j tak, aby $+z/_4A = -z/_4A = \frac{1}{4} \times AD/_2 = \frac{1}{8} \times AD$ a jednocześnie na prostych b_1A, bA, $k''A$ wyznaczyć punkty $b_{1/_4}$, $b/_4$, $k''/_4$. Punkty te połączone z $+z/_4$ (względnie $-z/_4$) dadzą proste $+z/_4b_{1/_4}$, $+z/_4b/_4$ (względnie $-z/_4k''/_4$) a do nich równolegle i przez punkty b_1, b, (względnie k'') przechodzą odnośne linie spadu.

§. 99. Schody między szaragami (wangami), t. j. dwoma pionowymi murami, jak je w fig. 108 widać. Fig. 108_a przedstawia szkic geometryczny, a więc w górnéj części i profil schodów jako też widok tylnéj sztuki szaragów.

---

*) dla podobieństwa trójkątów $D/_2yB$ i $D/_2Az/_2$.

Wykr. Przyjąwszy (fig. 108), że pierwsza płaszczyzna pionowa leży na tle, rysujemy bezpośrednio obok linii *PP* figurę *mmstuvww* (z fig. 108_a) tymi samymi literami znakowaną i we właściwéj wielkości. Następnie odcinamy w kierunku zagłębienia grubość szaragów, znacząc na *PP* odcinek $m1=\frac{1}{2}\times mn$ (z 108_a) i łącząc punkty *1* i $D/_2$. Tak powstaje na prostéj *mA* punkt *n*, a więc i *nm* jako szukana perspektywiczna grubość. Po wykreśleniu prostych do *A*, a to ze wszystkich wierzchołków profilu *mms...vww*, rysujemy od punktu *n* poczynając kontury profilu drugiego, geometrycznie do konturów pierwszego równoległe. Następnie znaczymy (również na tle) profil schodów *abcdefghh...* wedle fig. 108_a.

Szukając zagłębienia drugiéj sztuki szaragów, trzeba przedewszystkiém od dowolnie na *PP* obranego punktu *M* odciąć w głąb odległość *mo* z fig. 108_a. W tym celu rysuje się prostą *MA*, odcina na *PP* długość $MO=\frac{1}{2}\times mo$ i otrzymuje po wykreśleniu prostéj $OD/_2$ punkt *o* jako zagłębienie bliższéj pionowéj ściany sztuki drugiéj. Linia wychodząca z *o*, a równoległa do *PP* wyznacza na prostéj *mA* punkt o_1, w którym rozpoczyna się profil drugiéj sztuki do profilu pierwszéj podobny. Można przeto profil ten przez wykreślenie linij równolegle do krawędzi pierwszego bieżących, narysować, uwzględniając tylko, że wierzchołki profilu tego leżeć przecież muszą na liniach dążących z punktów *mmst...* do *A*. Odcinając jeszcze na *PP* długość $OP=\frac{1}{2}\times op$ (z 108_a) i łącząc punkt *P* z punktem $D/_2$, uzyskuje się punkt *p* jako zagłębienie tylnéj ściany drugiéj sztuki. Prosta $pp_1 /\!/ PP$ wyznacza na *mA* poczynanie się profilu, który dla równoległego do poprzedzających położenia łatwo narysować.

W celu uzyskania perspektywy poszczególnych stopni łączy się punkt *a* na *PP* z punktem *A* i przedłuża tę prostą do a_1 w oo_1. Pionowa a_1b_1 i prosta *bA* wyznaczają punkt b_1. Resztę wierzchołków c_1, d_1, e_1, f_1, g_1, h_1 otrzymuje się albo za pomocą linii spadu b_1h_1 albo też za pomocą prostych *2A*, *3A*, *4A* przedłużonych aż do oo_1, jak się tego z rysunku fig 108 bez trudności dopatrzeć można.

§. 100. Schody poprzedzającego §^fu w inném położeniu. Przedstawia je fig. 109. W niéj stopnie długością swoją równoległe są do tła, szaragi zaś mają kierunek zagłębienia. Zamiast czterech stopni jest pięć, a ścianki pionowe szaragów, znakowane we fig. 108 literami *mmn*, o_1p_1p nie leżą na samém tle ale za niém, w zagłębieniu równającém się podwójnéj szerokości stopnia.

Wykr. Chcąc rysunek fig. 109 wykonać symetrycznie względem pionu *VV*, odznaczamy od punktu przecięcia się linij *VV* i *PP*, t. j. od punktu *l* na linii *PP* po obu stronach równe długości $lM=lP=\frac{1}{2}\times mp$ (z fig. 109_a). Daléj przenosimy na

PP odcinki *MN* i *OP*, równe szerokości *mn* (z 109_a) i łączymy punkty *P*, *O*, *N*, *M* z punktem *A* liniami prostymi, które na pł. podstawowéj dają perspektywiczne szerokości szaragów.

By otrzymać płaszczyzny *mmn* i *opp*, oddalone od tła o podwójną szerokość stopnia, a więc o długość *bf* (109_a), odznacza się (dla $D/_4$) na linii *PP* odcinek *Ox* równający się czwartéj części téj długości, t. j. równy połowie szerokości stopnia ($Ox = \frac{1}{2} \times bd$) i rysuje prostą $xD/_4$. Tak powstaje punkt *o*, a więc i proste *op* i *mn* jako dolne krawędzie ścian. W celu uzyskania ich wysokości *pp*=*mm* w zagłębieniu *op* przenosi się na pionową (na tle położoną) *PQ* długość *PQ*=*mm* (z 109_a). Prosta *QA* odcina wysokość *pp* obu pionowych ścian *mmn* i *opp*, które poziomymi z *p* i *m* i pionowymi z *o* i *n* uzupełniamy.

Chcąc na bocznéj ścianie pionowéj szaragów otrzymać profil schodów $a_1b_1c_1$..., należy od punktu *o* w głąb wyznaczyć pięciokrotnie szerokość jednego stopnia. Odcinamy tedy (dla $D/_4$) na *PP* od *x* począwszy pięć razy jednę czwartą część szerokości stopnia, t. j. $\frac{1}{4} \times b_1c_1$ z fig. 109_a, i uzyskujemy tak punkty $a/_4$, *2*, *3*, *4*, *5*. Proste łączące je z punktem $D/_4$ odcinają na *OA* skalę głębokości. Za pomocą pionowych wykreślonych z jéj punktów, i linij idących z punktów *I*, *II*, *III*, *IV*, *V* do *A*, dochodzimy (jak we fig. 107) do profilu schodów, który przez powtórzenie konstrukcyi albo za pomocą z a_1, b_1, c_1... wychodzących do *PP* równoległych i na ścianie po drugiéj stronie wypadnie.

Ukośna krawędź *st* szaragów powstaje, jeżeli punkt *s*— położony (wedle fig. 109_a) na przedłużeniu pionowéj krawędzi a_1b_1 pierwszego stopnia, a w wysokości dwóch stopni nad pł. podstawową, a więc w przecięciu prostych a_1b_1 i *IIA*— połączymy z punktem *t*, który leży na pionowéj z *q* i na prostéj *VIA*. Inne, równoległe do *st* ukośne krawędzie szaragów można otrzymać w sposób, jak to dla krawędzi s_2t_2 po prawéj stronie uczyniono, wykreślając na pł. podstawy w głębokości *q* linią qq_1 aż do q_2 w *AM*. Pionowo nad q_2 w pozioméj t_1t leży punkt t_2.

W celu uzyskania we fig. 109 wymiaru *tu* odcina się głębokość *qr* na linii *OA*, a to znacząc (na *PP*) $5r = \frac{1}{2} \times tx$ (z 109_a). Linia z *r* do $D/_4$ idąca odcina na *OA* punkt *r*, a pionowo nad nim na prostéj *tA* leży *u*. Idąca z niego w dół ukośna krawędź jest, jak łatwo pojąć, przedłużeniem linii łączącéj punkt *u* z punktem *y* na przedłużonéj krawędzi *st*, jeżeli pionowa *yy'* połowi w punkcie *y'* długość *tu* perspektywicznie.

Wszystkie do *st* równoległe krawędzie ukośne są zarazem równoległe do linij spadu; punkt ich zbiegu leży przeto według §fu 98 na *VV*, a mianowicie w punkcie $+z$, oddalonym od *A* o odległość $AD/_2$ t. j. o podwójną długość

odcinku $AD/_4$. Można przeto krawędzie te po otrzymaniu punktów s, s_1... i za pomocą punktu $+z$ wyznaczyć, co na rysunku uwidoczniono.

W wypadkach gdy się punkt $+z$ na obrazie nie mieści, wskazuje postępowanie §. 98. Znaczymy tedy na VV punkt $+z/_2$ ($+z/_2A = AD/_4$) a na linii sA punkt $s/_2$ ($As/_2 = 1/_2 \times sA$). Krawędź st jest do prostéj $s/_2z/_2$ geometrycznie równoległą i sięga od punktu s aż do punktu t leżącego pionowo nad q. Podobnie krawędź s_1t_1 jakoteż linia ukośna z u są geometrycznie równoległe, tamta do $s_{1/2}z/_2$, ta zaś do $-z/_2u/_2$. Taksamo dochodzi się do krawędzi po prawéj stronie.

§. 101. Schody prostokątnie w planie załamujące się. Perspektywę ich przedstawiono we fig. 110, geometryczny ich szkic widać we fig. 110$_a$. Mur pionowy lm, do którego stopnie w głębi przypierają, jakoteż krawędzie $b6$..., hk są do tła równoległe. Pionowa ściana aba_2b_2 pierwszego stopnia leży za tłem w odległości równającéj się szerokości jednego stopnia.

Wykr. Wychodząc z obranego dowolnie punktu N (fig. 110) odcinamy na PP długość $N1 = 1/_2 \times bc$ (z 110$_a$). Przez połączenie punktu N z A i 1 z $D/_2$ uzyskuje się a jako zagłębienie krawędzi pozioméj pierwszego stopnia. Wyrysowawszy $aa_2 // PP$ przenosimy długość $b6$ z fig. 110$_a$ cyrklem do $N6$ na PP. Prosta $6A$ odcina w zagłębieniu a perspektywiczny wymiar aa_2 pierwszego stopnia; wysokość jego ab w zagłębieniu a otrzymamy kreśląc wedle rysunku $NB = ab$ (z 110$_a$). Prosta bb_2 uzupełnia pionową ścianę aba_2b_2.

Teraz rozchodzi się o uzyskanie na figurze 110 wszystkich linij spadu ag, bh, a_1g_1, b_1h_1, a_2g_2, b_2k. W tym celu szuka się nasamprzód perspektywy prostéj ah' (ah w 110$_a$) położonéj na podstawie. Odcinając na PP (z N wychodzi się) w punktach 2, 3, 4, szerokości trzech stopni (z 110$_a$) wynajduje się prostą $4A$, na któréj punkt h' leżeć musi, a mianowicie o szerokość trzech stopni głębiéj niż prosta aa_2, jak to z fig. 110$_a$ widać. Odcinamy tedy (z powodu $D/_2$) na PP długość $1IV = 1/_2 \times bIV$ (z 110$_a$); prosta $IV\,D/_2$ znaczy na aA punkt IV a wykreślona z niego pozioma odcina na $4A$ punkt h'. W pionowéj nad h' mieści się prostopadła do podstawy krawędź hg najwyższego stopnia, którą za pomocą urządzonéj na prostéj $4y$ skali wysokości (jak we fig. 107 i 109) wedle rysunku uzyskamy. Proste bh i ag przedstawiają już linie spadu w miejscach prostokątnego załamania schodów.

Przez odcięcie na PP długości 45 (z fig. 110$_a$) i poprowadzenie prostéj $5A$ uzyskuje się na przedłużeniu linii IVh' punkt k', który jest perspektywą punktu k (z 110$_a$). Pionowo nad nim leży krawędź kg_2 górnego stopnia, którą jako między wykreślonymi z h i g poziomymi zawartą zaraz rysować można. Pro-

ste a_2 g_2, h_2 k są liniami spadu w miejscu prostokątnego załamania schodów z drugiéj strony.

W celu odcięcia na aA długości bb_1 (z 110$_a$) znaczy się na PP wymiar $1x = \frac{1}{2} \times bb_1$, rysuje $xD/_2$ i uzyskuje tak na aA punkt a_1. Pionowa a_1b_1 przedstawia perspektywiczną wysokość stopnia na murze ll. Punkt h'_1, otrzymany w przecięciu się linii $4A$ z poziomą la_1, wyznacza miejsce pionowéj krawędzi g_1h_1 górnego stopnia na płaszczyźnie muru. Rysujemy tedy pionową z h'_1 i znaczymy ją wybitnie między liniami gA, hA w długości g_1h_1. Proste b_1h_1, a_1g_1 są znowu liniami spadu na murze.

Dla uzyskania poszczególnych wierzchołków na liniach spadu szukamy teraz perspektyw linij $2d_1$, $3f_1$ (z fig. 110$_a$). Są to proste $2A$ i $3A$, które w przecięciu z prostą ah', t. j. w punktach 2, 3, wyznaczają miejsce pionowych krawędzi cd i ef drugiego i trzeciego stopnia, które też w obrębie linij spadu wykreślamy. W celu uzupełnienia perspektywy rysuje się w końcu: Z wierzchołków c, d, e, f, poziome aż do punktów c_2, d_2, e_2, f_2 na liniach spadu a_2g_2, b_2k i odnośne pionowe c_2d_2 i e_2f_2; daléj linie cA, dA, eA, fA aż do c_1, d_1, e_1, f_1 w liniach spadu a_1g_1, b_1h_1 i odnośne pionowe c_1d_1, e_1f_1 jakoteż i poziome b_1c_1, d_1e_1, f_1g_1; wreszcie prostą kk_1 i widome części prostych f_2A, d_2A, b_2A po drugiéj stronie.

Użycie linij spadu było w tym wypadku bardzo korzystne. Można jednak i bez użycia tych prostych równie dobry wynik otrzymać. Po wykreśleniu bowiem prostéj ah' na pł. podstawy i skali wysokości na $4y$ rysujemy w zagłębieniu IVh' najwyższego stopnia profil schodów równoległy do ściany muru. Otrzymamy go za pomocą poziomych z punktów u i v (uzyskanych znowu na pionowéj $h'h$ przy zastosowaniu skali na $4y$) i pionowych nad punktami IV, i, j, w linii IVh' leżącymi. Proste, które z wierzchołków tego profilu do A dążą, wyznaczają na pionowych wzniesionych w punktach a, 2, 3, h' wierzchołki b, c, d, e, f, g, h. Poziome z 2, 3, przedłużone do a_2k' znaczą tam punkty 2, 3, pionowo nad nimi leżą krawędzie c_2d_2, e_2f_2, g_2k_2, które po narysowaniu poziomych z wierzchołków b, c, d, e, f, g, h, łatwo otrzymać. Kreśląc ostatecznie w h'_1 pionową, rysujemy hA i gA aż do h_1g_1, z g_1 poziomą g_1f_1 aż do fA, z f_1 pionową aż do eA, z e_1 poziomą e_1d_1 aż do dA itd. i otrzymujemy tym sposobem profil $a_1b_1c_1d_1e_1f_1g_1h_1$ na murze.

Także za pomocą profilu $hgf''e''d''c''b''a''$, który leży w bocznéj ścianie pionowéj h_1g_1hg górnego stopnia, możnaby schody wykreślić, jak to z rysunku widać. Wykreślenia framugi pqn dokonano tak, jak we fig. 106.

§. 102. Schody podobne do przykładu §^fu poprzedzającego przedstawia fig. 111, tylko że mur, do którego przypierają, posiada kierunek perspektywicznego zagłę-

bienia, a schody częściéj się, bo sześć razy, prostokątnie w planie załamują. Fig. 111_a jest połową odpowiadającego tu rysunku geometrycznego. Krawędź pionowa *zz* muru ma być zagłębiona o wysokość stopnia.

Wykr. Rysując *yA* (fig. 111) odcina się dla $D/_2$ na *PP* długość $yy_1 = \frac{1}{2} \times ad$ (z 111_a); na prostéj $y_1 D/_2$ powstaje punkt *z*; z niego wychodzi pionowa krawędź muru *zz*. Następnie przenosi się na *PP* wymiar $y_1 x = \frac{1}{2} \times za$. Prosta $D/_2 x$ znaczy *a* jako zagłębienie ściany pionowéj pierwszego stopnia.

Rozchodzi się teraz o otrzymanie perspektywy figury $aa_1 hh_1 h_2$... jako rzutu poziomego schodów. W tym celu rysuje się na *PP* odcinek $yw = aa_1$ (z 111_a) i kreśli *Aw*, z któréj wypadnie perspektywiczna długość aa_1 pierwszego stopnia. (Tensam punkt a_1 otrzymałoby się także za pomocą punktu $D/_2$ i linij $D/_2 ax$, $xv = aa_1$ i $vD/_2$). Punkt *h* na $a_1 A$ powstanie przez odcięcie $vh = \frac{1}{2} \times a_1 h$ i wykreślenie linii $D/_2 h$, punkt h_1 zaś w głębokości *h* przez przeniesienie na *PP* długości $wh_1 = hh_1$ (z 111_a) i poprowadzenie prostéj $h_1 A$.

Mając na prostéj $h_1 A$ odciąć w kierunku zagłębienia podwójny wymiar $h_1 S$ (z 111_a),*) należałoby $D/_2 h_1$ przedłużyć do *PP*, co się w obrębie rysunku wykonać nie da. Postępuje się tedy wedle §. 89, fig. 93 odcinając na $h_1 A$ od h_1 w głąb przedewszystkiém połowę podwójnego wymiaru $h_1 S$, t. j. długość $h_1 S$ (z 111_a) a to przez przenoszenie na *PP* odcinku $h_1 S' = \frac{1}{2} \times h_1 S$ i wykreślenie prostéj *S'A*, na któréj wypadnie punkt *o*. Prosta $oD/_2$ wyznaczy na $h_1 A$ punkt o_1 tak, że $h_1 o_1 = h_1 S$ (z 111_a). Pozioma z o_1 odetnie na *S'A* punkt o_2, a prosta $o_2 D/_2$ na linii $h_1 A$ punkt h_2. W punktach *a*, a_1, *h*, h_1, h_2 wznosimy pionowe. Za pomocą skali na *yw*, gdzie wysokość czterech stopni odcięto, znachodzi się wysokość *ad* pierwszego stopnia. Linie proste dd_1, $d_1 k$, kk_1... naprzemian to poziome to do punktu *A* dążące, przedstawiają górne krawędzie załamujących się ścian pionowych pierwszego stopnia schodów.

Do wykonania dalszéj konstrukcyi użyjmy linij spadu. Leżą one jak np. $d_1 p_1$, *kr*... pionowo nad prostymi $a_1 u_1$, *ht*... które w rzeczywistości (111_a) połowią kąty proste w miejscach załamania, są właściwie przekątnymi kwadratów (jak $a_1 u_1$ w kwadracie $a_1 3 u_1 3$ we fig. 111_a) i zwą się krótko przekątnymi. Pierwszą z nich, t. j. $a_1 u_1$ znachodzimy w perspektywie, wyznaczając jeszcze punkt u_1 sposobem znanym. Dla reszty dobrze będzie wyszukać perspektywy punktów S_1 i S_2, w których przekątne owe przetną prostą SS_2, dzielącą figurę podstawy schodów na symetryczne połowy. Perspektywą linii SS_2 (111_a) jest we fig. 111 prosta $o_1 o_2$. Punkty S_1, S_2 na téjże otrzymamy przez wyznaczenie na *PP* odcinków $h_1 S_1 = SS_1$, $h_1 S_2 = SS_2$ z fig.

*) bo linia *SS* dzieli całość na dwie symetryczne połowy.

111_a i wykreślenie prostych S_1A i S_2A. Linie hS_2 i h_1S_1 we fig. 111 są perspektywami szukanych przekątnych. na których wyznaczyć już tylko potrzeba perspektywy punktów t, t_1... odpowiadających znakowanym taksamo punktom fig. 111_a. Z niéj widzimy, że punkty te można we fig. 111 otrzymać przez odcięcie na PP (z w wychodząc) trzech szerokości stopni $w1=12=23$. Prosta $3A$, która zarazem przez punkt u_1 przechodzi, wyznaczy na hS_2 punkt t. Poziome z u_1 i t odcinają na aA i h_1S_1 punkty u i t_1.*)

Na pionowych wzniesionych w punktach u, u_1, t, t_1, v_1 leżą krawędzie pionowe najwyższego stopnia w miejscach załamania; za pomocą skali wysokości powstaje po wykreśleniu prostych IVA i $IIIA$ krawędź pionowa pm tegoż stopnia. Konturami załamujących się pod kątem prostym pionowych ścian jego są proste pp_1, mm_1, p_1r, m_1q..., naprzemian to poziome to do A dążące, a między odpowiednimi pionowymi zawarte.

Teraz rysujemy linie spadu dp, am, d_1p_1, a_1m_1, kr, hq... Między nimi odcinają linie pionowe z punktów $1, 1, 1, 1$..., $2, 2, 2, 2$.., które szukając punktów u, u_1, t, t_1... wyznaczono, krawędzie pionowe bf, b_1f_1... cg, c_1g_1..., drugiego i trzeciego stopnia, a krawędzie poziome ff_1, cc_1, f_1j, c_1n... naprzemian to równoległe do PP to dążące do A uzupełniają stopień drugi i trzeci.

Uwaga. Gdyby było stopni nad cztery, to wyszukiwanie samych linij spadu nie zajmie więcéj czasu, wszystkie zaś między najniższym i najwyższym położone stopnie otrzymamy równie łatwo i szybko, jak tu drugi i trzeci.

Zamiast linij spadu można i tu było użyć profilów, podobnie jak we fig. 110, a mianowicie narysowanych po wykreśleniu przekątnych najkorzystniéj w głębokości ścian pionowych najwyższego stopnia, t. j. w głębości uu_1, tt_1 i t. d.

W celu uwidocznienia jeszcze framugi $EFFC$ odcina się odległość $\frac{1}{2}\times zE$ (111_a) na PP od y_1 do E. Prosta $ED/_2$ wyznacza na zA punkt E', a pionowa z niego na pA punkt E, w którym się rozpoczyna pionowa krawędź framugi o dowolnéj na razie długości. Daléj przenosi się na PP długość $EF=BM$ (111_a), kreśli $FD/_2$ i dochodzi jak pierwéj do pionowéj FF. Chcąc ostatecznie mieć FL i LN równe perspektywicznie pE i pz, postępuje się w myśl §§. 67 i 68. Obrawszy bowiem na horyzoncie dowolny punkt K, rysuje się KE do E_1, Kp do P, Kz do Z, t. j. do zagłębienia CF pionowéj ściany framugi. Po przeniesieniu odcinków E_1P i PZ do FL_1 i L_1N_1 wykreślamy L_1K i N_1K, przez co na linii gA powstają punkty L i N. Przy

---

*) Punkty te możnaby i wprost otrzymać, odcinając (na PP) $x1=12=23=\frac{1}{2}\times a_1 1$ (z 111_a) i kreśląc $3D/_2$ (powstaje na aA punkt u), jakoteż $h_1 1=12=2w$. Prosta wA znaczy na h_1S_1 i h_2S_1 punkty t_1 i v_1.

odcięciu głębokości framugi, t. j. wymiaru FC postępuje się jak we fig. 107.

§. 103. **Schody z podestami.** Figura 112 przypomina z wejrzenia figurę 109; 112_a jest rysunkiem geometrycznym. Widać z niego, że schody składają się z trzech części po 9 stopni i dwu podestów, z których każdy ma szerokość sześciu stopni. Schody po obu stronach ujęte są w szaragi, te jednak nie kończą się jak we fig. 109 płaszczyzną ukośną, lecz załamują się w punktach f, m, n, nakształt stopni schodowych. Ściana pionowa af_1fb równoległa do tła ma być zagłębioną na szerokość dwu stopni. Reszta według fig. 112_a.

Punkt A jest we środku obrazu.*)

Wykr. Z punktu V (fig. 112) wychodząc odcinamy na PP po obu stronach połowę długości stopni do punktów b_1 i c_1 ($Vb_1 = Vc_1 = bc$ z 112_a) i rysujemy Ab_1 i Ac_1. Następnie znaczymy (dla $D/_4$) na PP długość b_1k, równą szerokości stopnia (z 112_a). Z wykreślenia $kD/_4$ wypada zagłębienie b pionowych ścian szaragów. Perspektywiczne ich szerokości ab i cd otrzymuje się sposobem znanym; wysokość zaś za pomocą odcinku $a_1y = 2 \times af$ (112_a) na pionowych z a, b, c, d.

Pionowa ściana pierwszego stopnia zagłębia się po za ścianą szaragów na długość ag (112_a). Z odcięcia na PP długości $kg_1 = \frac{1}{2} \times ag$ i wykreślenia prostéj $g_1D/_4$ wynika na bA punkt g. Pozioma gh jest dolną krawędzią pierwszego stopnia. Na pionowéj z punktu g znaczymy perspektywicznie wysokość gi pierwszego stopnia za pomocą skali wysokości na b_1z. Odciąwszy na niéj nasamprzód dziewięć części aż do punktu 9 i połączywszy punkt ten z A otrzymujemy linią, na któréj znajdować się będzie punkt l, t. j. wierzchołek najwyższego stopnia pierwszéj części schodów. Punkt l leży o szerokość ośmiu stopni głębiéj niż punkt g. Rysujemy przeto na PP długość g_1r_1 równającą się czwartéj części tego wymiaru i otrzymujemy w prostéj $r_1D/_4$ na bA punkt r, a pionowo nad nim w $9A$ punkt l. Linia il jest linią spadu, na któréj proste, łączące punkty $1, 2, 3 \ldots 8$ z punktem A, odcinają wierzchołki poszczególnych stopni. U sześciu z nich, jako położonych pod horyzontem, widać jeszcze ich wierzchne płaszczyzny poziome, u reszty nad horyzontem oczywiście nie (§. 38). Kreśląc z wierzchołków na linii spadu powstałych proste na przemian to pionowe to do A dążące, uzyskujemy profil schodów na ścianie szaragów, podobnie jak we fig. 107.

Punkt s będący początkiem drugiéj części schodów leży o szerokość sześciu stopni głębiéj niż l. Odcinamy tedy r_1s_1 równe czwartéj części téj szerokości i rysujemy $s_1D/_4$, przez co

*) Rysunek perspektywiczny wykonano w podwójnym rozmiarze geometrycznego 112_a.

powstanie punkt *s* na dole. Pionowo nad nim w linii *9A* leży szukany punkt początkowy. Postępując jak przy pierwszéj części schodów otrzymamy drugi koniec *t* odnośnéj linii spadu na (wyżéj położonéj) linii *9A*, a za pomocą niéj profil schodów jak poprzód. Tak samo postępuje się z częścią trzecią.

Linie spadu *il* i następne możnaby znowu otrzymać jako linie perspektywicznie równoległe, mające punkt zbiegu w punkcie $+z$ położonym na *VV*, a oddalonym od *A* o $D/_2$ (§. 98). Ponieważ jednak na *VV* mieści się tylko odległość $AD/_4$, przeto uzyskuje się punkt $z/_2$ i rysuje (jak w §. 98 fig. 107 szczegółowo wyłożono) linią spadu *il* geometrycznie równolegle do prostéj $i/_2z/_2$. Tak samo i z innymi liniami spadu.

Wykonując rysunek szaragów widać z 112_a, że pozioma płaszczyzna wierzchna pierwszego stopnia szaragów sięga aż do głębokości stopnia pierwszego drugiéj części schodów. Rysujemy przeto prostą *fA* (112) aż do pionowéj *ss*, którą następnie od *fA* począwszy w górę przedłużamy. Z rysunku 112_a widać daléj, że wysokość drugiego stopnia szaragów sięga do poziomu szóstego stopnia trzeciéj części schodów, a więc w perspektywie aż do punktu *m* na linii *6A*. W równy sposób otrzymamy jeszcze punkt *n*. Punkty *f*, *m*, *n*, leżące według fig. 112_a na prostéj linii ukośnéj, muszą i w perspektywie na takiéj być położone. Trzy inne proste, mieszczące wierzchołki stopni szaragów na sobie a do *fmn*, równoległe, muszą mieć wspólny z nią punkt zbiegu, znajdujący się również na pionie *VV*.

Punkt ten zbiegu uzyskuje się według §. 98. Z fig. 112_a widać mianowicie, że prosta *fmn* zamyka z poziomą fm_1 kąt mfm_1. Kąt ten rysuje się przy *D* nad horyzontem, a w braku punktu *D* przy $D/_4$, odcinając $D/_4o=fm_1$ i $oq=mm_1$. Prosta $D/_4q$ przecina pion *VV* w punkcie $w/_4$. Właściwy punkt *W* znachodzimy na *VV* przez odcięcie długości $Aw/_4$ jeszcze trzy razy w górę. Punkt ten *W* jest szukanym punktem zbiegu; można przeto linie *Wf*, Wf_1 i dwie po drugiéj stronie położone wprost narysować, a za ich pomocą otrzymać i szerokości perspektywiczne mm_1 i nn_1 szaragów w różnych zagłębieniach.

§ 104. J e s z c z e d w a p r z y k ł a d y. U w a g i a r t y s t y c z n e o d n o s z ą c e s i ę d o f i g u r 106—114. We fig. 113 i 114 widać perspektywy schodów, których rysunki geometryczne przedstawiono w 113_a i 114_a. Objaśnienia tyczące się ich konstrukcyi są w obec drobiazgowéj dokładności, z jaką poprzednie wypadki przechodzono, zbyteczne. Wypadałoby je jednak dla większéj wprawy skrupulatnie wystudyować.

Z figur 106—114 wydawałoby się, że nie wszystkie odpowiadają warunkowi zastrzeżonemu §fem 85, ważnemu szcze-

gólniéj ze względów artystycznych. Zdaje się mianowicie, że postąpiono wbrew zasadzie umieszczenia punktu oka we środku obrazu we figurach 106, 107, 108, 110, 111, 114 i że tylko figury 109, 112, 113 warunkowi temu zadość czynią. Pominięcie téj zasady jest jednak tylko pozorne. Obrano wprawdzie dla jasności konstrukcyi w znanych nam przykładach punkt *A* nie w środku lecz na boku; przedstawić sobie jednak należy płaszczyznę obrazu przedłużoną po przeciwnéj stronie punktu oka o tyle, żeby punkt *A* padał w jéj środek. Tak otrzymany prostokąt jest dopiero właściwym rozmiarem obrazu. W tym wypadku jednak staje się znowu odstęp oka, wynoszący 22 *cm* (lubo dostateczny dla obrazów o szerokości figur narysowanych) według wymagań §. 85 dla powiększonego tła zaszczupły.

Nie należy tedy szukać we figurach 106, 107, 108, 110, 111, 114 wartości artystycznéj, lecz trzeba je oceniać ściśle ze stanowiska konstrukcyi, któréj celem jest jasne wyłożenie sprawy. Figury zaś 109, 112, 113 tak ze względu na umieszczenie punktu oka jakoteż na wielkość odstępu jego odpowiadają wszelkim warunkom artystycznym.

XII.

Kilka form innych.

Z kolei przystępuje się do perspektywicznego przedstawienia pewnych form, które bądźto jako części składowe przedmiotów większych na uwagę zasługują, bądź też kształtem swym nastręczają sposobność wysnucia pewnych metod dających się w kreśleniach ogólnie zastosować.

§. 105. Umiarowy ośmio- i sześciobok. Zastosowanie. Ponieważ w praktyce rysowniczéj często się używa form ośmio- i sześciobocznych, zajmiemy się wykreśleniem perspektywicznych ośmio- i sześcioboków umiarowych sposobem najdogodniejszym.

Według figury 115 otrzymuje się umiarowy ośmiobok geometryczny *12345678* sposobem następującym: Rysujemy kwadrat *abcd* i jego przekątne *ac* i *bd*. Następnie odcinamy od każdego z wierzchołków na każdym boku długość *ao*, t. j połówkę przekątnéj, a więc $a7 = a2 = b1 = b4 = c6 = c3 = d8 = d5 = ao$, przez co uzyskuje się ośmiobok umiarowy *12...678.**) Sposób powstania małego kwadratu *fghk* wewnątrz ośmioboku widać z fig. 115.

---

*) Że figura ta jest istotnie geometrycznie umiarowym ośmiobokiem, okaże się z udowodnienia, że boki *12* i *18* są sobie równe. Wynika to wprost z zastosowania twierdzenia Pytagorasa.

Co do umiarowego sześcioboku, to powstaje on (§. 76, fig. 88_a) przez przeniesienie promienia na obwód koła. Mieści się on tam sześć razy. Jeżeli boki otrzymanego w ten sposób sześcioboku *123456* (fig. 116) poprzedłużamy, wypadną z tego przy dokładnym rysunku dwa trójkąty równoboczne *abc* i *dfg*. Linia *ww* przechodzi przez środek sześcioboku do *ab* i *fg* równolegle.

Obie te figury zastosowywano w przykładach dalszych.

Fig. 117_a przedstawia słupek o podstawie kwadratowéj *abc*.. Cztery naroża jego ścięto od *m*, *n*, *o*, począwszy tak, że na wierzchnéj płaszczyźnie jego powstał umiarowy ośmiobok *12..78*. Wymiary *m8*, *m1*, *n2*, *n3*, *o4*... są w rzeczywistości jednakowe. Ośmiobok otrzymany mógłby służyć za podstawę słupa ośmiobocznego; trójkąty *m18*, *n23*.. tworzyłyby przejścia między podstawą kwadratową a właściwym korpusem ośmiościennym słupa.

Podobnie przedstawia fig. 117_b graniastosłup, którego podstawę stanowi równoboczny trójkąt *fgd*. Naroża słupa od *z*, *r*, *y*, począwszy ścięto tak, że na podstawie górnéj powstał umiarowy sześciobok *123456*. Wymiary *z6*, *r1*, *r2*, *y3* są w rzeczywistości jednakowe. Sześciobok otrzymany mógłby służyć za podstawę słupa sześciobocznego; trójkąty *z65*, *r12*, *y34* tworzyłyby przejścia między podstawą trójkątną a właściwym słupem.

§. 106. *Przejście formy kwadratowéj w ośmiokątną.* Przykład pierwszy. Jest nim narysowany we fig. 118 słup ośmiokątny o kwadratowéj podstawie. W dowolnéj za tłem głębokości *ab* ma się znajdować ściana równoległa do tła, a bok kwadratu podstawowego dwa razy być większy niż *ab* z fig. 115.

Punkt oka *A* znajduje się na prawo obok fig. 119 na horyzoncie, a po lewéj obok fig. 118 punkt $D/_2$. $AD/_2$, t. j. połowa odstępû oka wynosi około 10½ *cm*, a więc dla małych obrazów dopuszczalny wymiar.

Wykr. Jeżeli punkt *b* ma być wierzchołkiem kwadratu, to wyrysowawszy $D/_2bb_1$ uzyskujemy za pomocą odciętéj na *PP* długości $b_1a_1=2\times ab$ (z 115) i prostéj $a_1D/_2$ perspektywiczny wymiar *ab**). W celu odcięcia głębokości *ad* znaczy się na *PP* długość $a_1d/_2=ad$ **) (z fig. 115) i rysuje $d/_2D/_2$ do *d* na *aA*. Odcinek *ad* równający się perspektywicznie długości *ab* jest dwa razy większy niż *ad* fig. 115. Uzupełniwszy kwadrat *abcd*

---

*) Czy punkt $D/_2$ występuje tu istotnie jako punkt częściowego odstępu, czy też jako punkt zwykły horyzontu, któryby mógł paść i gdziekolwiek indziéj?

**) a więc połowę wymiaru $2\times ad$ (fig. 115), któryby w obec podwójnych rozmiarów fig. 118 odciąć należało, gdyby się zamiast $D/_2$ punkt *D* całego odstępu *AD* na horyzoncie mieścił.

w sposób wiadomy, rysujemy w nim perspektywę ośmioboku. Do tego odcina się na *PP* długości $a_1 2_1 = b_1 1_1 = 2 \times ao$ (z 115) a z wykreślenia linij $2_1 D/_2$ i $1_1 D/_2$ powstają wierzchołki *1* i *2*. Proste *2A* i *1A* wyznaczają na *cd* wierzchołki oznaczone cyframi *5* i *6*. Z wykreślenia przekątnych *ac* i *bd* uzyskuje się perspektywę małego kwadratu *fghk*, a równoległe tegoż do *PP* boki *fg*, *hk* przecinają się w przedłużeniu z liniami *ad* i *bc* w dalszych ośmioboku wierzchołkach *8*, *7*, *3*, *4* (por. fig. 115).

Zad. Wytłómaczyć sposób otrzymania punktów *8* i *7* na *ad* za pomocą odciętych na *PP* punktów $8/_2$, $7/_2$.

Uzyskawszy perspektywę ośmioboku na pł. podstawy rysuje się pionowe z *a*, *b*, *c*, *d* aż do dowolnéj (lub danéj) wysokości i dochodzi do kwadratu *a'b'c'd'*. Na nim mieści się według fig. 117_a podstawa właściwego ośmiościennego słupa; jest nią ośmiobok, którego wierzchołki leżą w przecięciu się pionowych, wykreślonych z wierzchołków *1*, *2*... *7*, *8* ośmioboku dolnego, z odpowiednimi bokami kwadratu *a'b'c'd'*. Tak powstaje *q* z przecięcia się pionowéj *8q* z bokiem *a'd'* a podobnie punkty *r* i *s* na *a'b'* jakoteż *t* i *u* na *c'd'*. Proste *qr* i *st* należą do boków tego ośmioboku. Pionowe *qq*, *rr*, *ss*, *tt*, *uu*, aż do boków kwadratu *a''b''c''d''* sięgające, przedstawiają krawędzie słupa i wyznaczają zarazem wierzchołki ośmioboku położonego na górnéj jego podstawie. Niewidome punkty *x*, *w*, *v* leżą pionowo nad wierzchołkami *7*, *6*, *5* ośmioboku dolnego.

Trójkąty tworzące przejście z kwadratowéj do ośmiokątnéj formy powstaną po przyjęciu w dowolnéj albo danéj wysokości punktów *m*, *n*, *o*, i wyrysowaniu widomych prostych *mq*, *mr*, *ns*, *nt*, *ou*. — Punkty *m*, *n*, *o*, są naturalnie znowu wierzchołkami równoległego do *abcd* kwadratu.

§. 107. **Przykład drugi.** Fig. 119 przedstawia słup podobny do poprzedniego; różnica między nimi na tém tylko polega, że forma kwadratowa w ośmioboczną inaczéj przeszła, gdyż kontur *rlmhq* ścinającéj naroże powierzchni jest krzywolinijny.

Wykr. Celem wykonania konstrukcyi rysuje się na pł. podstawy kwadrat *abcd* i ośmiobok *12*...*78*, następnie drugi kwadrat *a'b'c'd'* z punktami *p*, *q*, *r*, *s*, *t* zupełnie jak we fig. 118.

Punkt *A* znajduje się tam, gdzie przedtem było $D/_2$, punkt $D/_2$ zaś w poprzedniém *A*.

Obrawszy punkty *m*, *n*, *o*, rysujemy dowolnie lub według danego wzoru krzywe *mlr* i *nls*, oczywiście symetryczne. Dla uzupełnienia figury potrzeba tylko te krzywe na ścianach mających kierunek perspektywicznego zagłębienia wykreślić. Do tego wystarczy wyznaczenie między punktami *m* i *q* jakoteż *o* i *p* po jednym punkcie *h*, odpowiadającym dowolnie przyjętemu punktowi *l* na *mlr*.

Po wykreśleniu równoległéj do *ab* linii *xz* jakoteż prostéj *xyA* wypada na téj ostatniéj wyznaczyć punkty *h* tak, aby *hx* i *hy* były perspektywicznie równe długości *xl*. Do tego rysujemy pionową ll_1 i prostą l_1A i uzyskujemy na przekątnych *ac* i *bd* punkty *i*, *i*. Proste poziome z *i*, *i* przecinają bok *ad* w punktach h_1, h_1 tak, że ah_1, dh_1 i al_1 są bezsprzecznie perspektywicznie równe, gdyż figurki, jak al_1ih_1... są kwadratami. Pionowe z punktów h_1, h_1 znaczą na *xy* punkty *h*, *h* odpowiadające punktom *l*, *l* na *xz*. — Podobnie otrzymuje się, jak to z rysunku widać, punkt *h* między *n* i *t*. Krzywe *mhq*, *ohp*, *nht* rysujemy od ręki bacząc tylko, aby do prostych *qq*, *pp*, *tt* jakoteż *am*, *do*, *pn* stycznie przylegały. Wierzchną podstawę *pqrst* słupa rysuje się zupełnie według fig. 118.

Pyt. Jak wielkie jest w rzeczywistości zagłębienie prostéj *ab* w obu figurach? Czy równe podwójnemu na *PP* odcinkowi $yz/_2$, a jeżeli tak, dla czego?

Uwaga. Obu figur 118 i 119 nie należy uważać za dwa przedmioty j e d e n rysunek perspektywiczny stanowiące, ale za dwa zupełnie odrębne wykreślenia perspektywiczne, gdyż każdy z nich ma osobny punkt oka *A*. To samo tyczy się także figur następnych 120 i 121.

§. 108. P r z y k ł a d t r z e c i. We fig. 120 przejście między formą kwadratową a ośmiościenną tworzą części uwidocznionego w narożach ostrosłupa o wierzchołku *S*.

Wykr. Po wyrysowaniu kwadratu *abcd* otrzymujemy punkty *1*, *2* ośmioboku a to bez pomocy fig. 115, odcinając na pionowéj punktu *d'* długość *d'e'*=*ad'*=*bd'*. Wymiar *ae'* jest już połówką przekątnéj kwadratu *abcd*. Przez przeniesienie jéj cyrklem z *a* do *2* i *b* do *1* uzyskuje się wierzchołki *1* i *2* a z nich sposobem we fig. 118 podanym resztę wierzchołków ośmioboku. Następnie rysujemy w dowolnéj lub danéj wysokości kwadrat *mno* jako podstawę owego ostrosłupa.

Po wykreśleniu otrzymanych jak poprzód krawędzi pionowych *pp*, *qq*, *uu*, *vv* obieramy na osi *oS* słupa punkt *S* jako wierzchołek piramidy i to albo dowolnie albo według danego wymiaru. Wyrysowawszy krawędzie ostrosłupa *Sm*, *Sn*, *So* rozchodzi się już tylko o wyznaczenie punktów *r*, *t*, w których te krawędzie ściany pionowe *ppm*, *qquu* ośmiobocznego słupa przetną. — Dochodzi się do tych punktów na podstawie następującego roztrząsania:

Przekątne *ob*, *oa* na pł. podstawy znajdują się, jak łatwo poznać, pionowo pod krawędziami *Sm*, *Sn* ostrosłupa; podobnie leżą linie *23* i *18* na pł. podstawowéj a dokładnie pod ścianami *qquu* i *ppm*. Szukane punkty *t* i *r* muszą tedy znajdować się pionowo właśnie nad punktami *t'* i *r'*, t. j. punktami, w których linie *ob* i *oa* z prostymi *23* i *18* się przetną. Rysujemy zatem z punktów *t'* i *r'* pł. podstawowéj linie pionowe aż do

krawędzi *Sn* i *Sm*, na których tym sposobem szukane punkty *t* i *r* wypadną. Wykreślenie linij *rm*, *rp*, *tq*, *tn*, *tu* uzupełnia rysunek. Z krawędzi *So* widać tylko część sięgającą od *o* do pionowéj *vv*.

Uwaga. Punkty *r* i *t* leżą równie wysoko.

§. 109. Przejście formy trójkątnéj w sześcioboczną. We fig. 121 przedstawiono mur pionowy *wwst*. Wyskakuje z niego filar aż do wysokości *srt* trójścienny (według fig. 116 trójkąt równoboczny *63d*), przechodzący następnie we formę sześcioboczną, w tym wypadku połowę sześcioboku (jak w fig. 116 połowa *6123*). W przejściu tém pośredniczy ostrosłup mający wierzchołek w linii *oS*, a więc na ścianie muru.

Wykr. Na dolnéj krawędzi *ww* téj ściany znaczymy długość *63* dowolnie albo według pewnego wymiaru (tu wynosi *63* dwa razy tyle co odcinek *63* fig. 116) a przepołowiwszy ją w *o* rysujemy *oA* i przedłużamy tę prostą w kierunku do *PP*. Chcąc odciąć *od* (także dwukrotna długość *od* fig. 116) znaczymy (dla $D/_3$) na *ww* długość $od/_3 = {}^1/_3 \times cd$ (z 116) a kreśląc $d/_3 D/_3$ uzyskujemy punkt *d*. Punkt *p'* zaś powstanie przez wyrysowanie prostéj $p/_3 D/_3$, jeżeli $p/_3$ połowi odległość $od/_3$. Wykreślony teraz trójkąt perspektywiczny *6d3* odpowiada znakowanemu taksamo trójkątowi we fig. 116, a pozioma przez *p* wyznacza punkty *1*, *2*, tak że czworobok *6123* jest perspektywą połowy sześcioboku.

Z obranego stosownie punktu *r* i po odcięciu, jak na rysunku widać, wysokości *6s* i *3t*, perspektywicznie równającéj się wysokości *dr* *) powstanie trójkąt *srt* jako podstawa piramidy, któréj wierzchołek *S* łączymy z punktem *r*. Ta krawędź *Sr* przetnie ścianę pionową *qquu* w punkcie *p*. Otrzymano go (jak punkty *r* i *t* figury poprzedniéj) na linii pionowéj, która wychodzi z punktu *p'*, położonego na pł. podstawy w przecięciu się prostych *12* i *Aod*. — Znacząc wybitnie linie *pq*, *pr*, *pu* uzupełnia się rysunek w tém miejscu a kończy go przyjęciem krawędzi *qu* u góry i odznaczeniem długości *ss* i *tt*, równających się perspektywicznie wysokości *qq* (za pomocą punktu *n* położonego pionowo nad *m*).

Pyt. Boki kwadratu *abcd* we fig. 118, 119, 120 były dwa razy tak wielkie, jak kwadratu *abcd* fig. 115, co przy rysunku fig. 118 szczegółowo podniesiono. Jeżeli teraz linia *PP* przedstawia i dla fig. 121 linią podstawową, a w głębokości ściany *ww* muru odcięto *63* dwa razy tak wielkie jak *63* z fig. 116, resztę fig. 121 zaś wykreślono jak wyżéj, to zachodzi pytanie: Czy trójkąt *63d* we fig. 121 ma boki także dwa razy tak

---

*) Kreśli się poziomą *dl* aż do *l* na *A6*, następnie pionową ll_1 i poziomą rl_1. Prosta Al_1 daje punkt *s* a w téj saméj wysokości leży *t*.

wielkie, jak boki trójkąta *63d* we fig. 116, czy też może większe, a jeżeli tak, dla czego?

§. 110. **Otwór ośmiokątny w powale i pionowéj ścianie sali.** Widać go we fig. 122. W założeniu przyjęto, że wymiary obu okien, niemniéj grubość o jaką ich ramy ze ściany wewnątrz wyskakują (*1g* w górném, *1j* w boczném oknie) i zagłębienie ich po za tłem są jednakowe. *Wykr.* Ponieważ *PP* jako linia podstawowa leży na tle, to się i prosta pionowa *JW* jakoteż pozioma *WS* w całéj swéj długości na tle znajdują.

Przyjąwszy w *a'* wierzchołek leżącego na płaszczyźnie powały kwadratu, opisanego zarazem ośmiobokowi, rysujemy *a'b'* jako bok tego kwadratu. Jeżeli długość boku tego wynosi trzy razy tyle, co długość *ab* fig. 115, to kreśli się *Aa'* do *a* i odcina na *WS* trzykrotną długość *ab* z fig. 115. Linia *Ab* wyznacza wierzchołek *b'*, a więc i bok *a'b'* kwadratu. Bok jego w kierunku zagłębienia otrzymuje się z przedłużenia *a'b'* do *R* na *WA* i $D/_3R$ do *I* na *WS*. Ponieważ *WS* leży na tle, przeto odcinamy tam długość *I II*=*ab**) (z 115). Prosta $IID/_3$ wyznacza na *WA* punkt *B*. *RB* jest perspektywicznie równe *a'b'*, tworzy przeto pozioma z *B* między prostymi *Aa'* i *Ab'* czwarty bok opisanego ośmiokątowi kwadratu. Dla otrzymania wierzchołków ośmioboku rysuje się, jak we fig. 120 linią $b'/_2e'$ prostopadle do *a'b'* i odcina $b'/_2e'=a'b'/_2=b'/_2b'$. Odcinek *b'e'*, przeniesiony cyrklem z *b'* do *1* a *a'* do *2*, prowadzi do wierzchołków *1* i *2* ośmioboku. Na liniach *A1* i *A2* leżą punkty *6* i *5*. Wierzchołki *8*, *7*, *3*, *4* otrzymuje się za pomocą prostych *A1* i *A2* i przekątnych kwadratu, jak we fig. 118.**)

Jeżeli wymiar $aa_1=bb_1$ jest grubością, o jaką obramowanie okna wyskakuje poniżéj płaszczyzny powały, to kreśli się prostą a_1b_1, następnie *A1* i *A2* do *y* i *x* i pionowe yy_1 i xx_1. Linie Aa_1, Ay_1, Ax_1 i Ab_1 odcinają w odpowiednich głębokościach na pionowych, które z wierzchołków *1*, *2*...*7*, *8* wykreślono, długości *8f*, *7h*, *1g*, $6g_1$, *2i*, $5i_1$, $3f_1$, $4h_1$, przez co uzyskujemy kontur drugiego ośmioboku, poniżéj płaszczyzny powały o odległość aa_1 położonego. W ośmioboku $igfhg_1i_1h_1f_1$ rysuje się przekątne, na których leżeć muszą wierzchołki ośmioboku mniejszego. Daje on wielkość otworu świetlanego i wyznacza z poprzednim większym szerokość obramowania. Osobno narysowany odcinek *MN* ma być miarą owéj szerokości, którą od boku *gi* w głąb, od g_1i_1 zaś naprzód ku tłu odciąć należy.

---

*) t. j. dla $D/_3$ tylko trzecią część odciąć się mającéj długości, a więc pojedyńczy wymiar fig. 115.

**) Wytłómaczyć dla czego punkty *8*, 7 wprost się otrzymuje przez odcięcie na *WS* długości *It* i *IIu* równych $^1/_3 \times ay$. Proste $D/_3t$ i $D/_3u$ dają na *WA* punkty *T* i *U*, a na poziomych z nich leżą punkty *8*, *7* i *3*, 4.

Prosta *Ao* (*o* połowi odległość a_1b_1) przechodzi przez środek ośmioboku *gfh*...f_1i_1. Odcinając dla $D/_3$ na a_1b_1 długości $op=oq=\frac{1}{3}\times MN$, rysujemy *pA* aż do *gi* a *qA* aż do g_1i_1. Punkty tak na *gi* i g_1i_1 otrzymane łączy się z $D/_3$ i uzyskuje na linii *Ao* żądane punkty *p* i *q* (§. 89). Przez nie kreślimy poziome aż do przekątnych g_1i i gi_1. Tę samę szerokość znaczymy przy *fh* i f_1h_1, odcinając na a_1b_1 długości $a_1m=b_1n=MN$ i kreśląc linie *Am* i *An* wybitnie między przekątnymi fh_1 i hf_1. Otrzymano tak ośm wierzchołków mniejszego ośmioboku, który się rysunkiem uzupełnia. W jego wierzchołku uwidoczniona pionowa *rs* przedstawia grubość powały. Dostrzegamy więc na rysunku jeszcze część obwodu ośmioboku zewnętrznego, którego powstanie z rysunku się tłómaczy.

Okno w bocznéj ścianie pionowéj, w téj saméj wielkości i tém samém zagłębieniu wyrysowane, nie przedstawia w wykreśleniu trudności żadnych, dla tego nie daje się szczegółowego opisu. Nadmienia się tylko, że proste *PQ* i *QS* przechodzą przez środki ośmioboków położonych na ścianach samych. Do łatwiejszego wykonania rysunku okna drugiego po poprzedniém wykreśleniu go w powale przyczyniają się niemało linie pomocnicze, które poziomo do *R*, *T*, *U*, *B* na powale, a stąd pionowo na ścianie bocznéj poprowadzono. Dla łatwiejszego rozzoru w rysunku na ścianie bocznéj nadmienia się dodatkowo, że *LK* (na *PP*) równa się *op* (z a_1b_1) a $JII/_2=\frac{1}{2}\times III$ (z *ab*).

Z korzyścią byłoby fig. 122 we większym rozmiarze przerobić i zdać sobie sprawę ze wszystkich wykreślonych tam linij.

§. 111. *Przykłady ogólniejsze o formach zawilszych.* Przykład pierwszy. Fig. 123_a przedstawia geom. plan i widok przedmiotu, podobnie jak fig. 106_a-114_a. Widać tu, że na pł. podstawy stoją cztery słupki czworościenne *d'c'j'*, *b'a'f'i'*, *h'g'n'*, *l*..., których wysokość $aa_1=bb_1$ równa się wysokości trzech stopni. Ze wszystkich czterech stron prowadzą stopnie na płaszczyznę, na któréj stoi słup czworościenny (dla braku miejsca nie w całéj wysokości wykreślony). Słupki narożne kończą się małymi piramidami o wierzchołkach s.

Wykr. Jeżeli przedmiot jest, jak ten właśnie, zawilszéj nieco formy, to zawsze korzystniéj po przyjęciu linii podstawowéj, horyzontu, punktu oka *A* i odstępu oka rozpocząć kreślenie od tak zwanego perspektywicznego planu, t. j. od wyrysowania perspektywy planu geometrycznego (dolnéj części fig. 123_a).

Przyjąwszy według tego (fig. 123) *PP*, *HH*, *A* i odstęp oka przez $D/_3$, wykreślamy perspektywę geometrycznego, ale o połowę powiększonego planu. Z przyjęcia linii *ad* na tle perspektywa jéj wypadnie w *PP*. Odcinamy teraz na niéj

$ad = {}^3/_2 \times a'd'$ (z 123_a) i kreślimy *Aa* i *Ad*. W celu wyznaczenia boku *a'h'* na *Aa* w głąb należy (dla $D/_3$ i o połowę powiększyć się mającego rysunku) odciąć na *PP* trzecią część szukanego boku, t. j. połowę *a'h'*. Rysujemy przeto $ah' = {}^1/_2 \times a'h'$. Prosta $h'D/_3$ odetnie w głębi punkt *h*, z którego kwadrat *dah* uzupełnić można.

Z fig. 123_a widać, że przekątne kwadratu mieszczą na sobie wiele wierzchołków i z tego powodu przyczynić się mogą do uproszczenia pracy. Kreślimy przeto ich perspektywy. Daléj znaczymy $ab = {}^3/_2 \times a'b'$, $cd = {}^3/_2 \times c'd'$. Proste *bA* i *cA* odcinają na przekątnych punkty *i*, *n*, *l*, *j*, i wyznaczają razem z poziomymi *nl* i *ij* kwadratowe podstawy czterech małych narożnych słupków.*) Przez wykreślenie linij przekątnych *fb*, *gg*... uzyskuje się ich środki *o*. Pionowo nad poprowadzonymi teraz liniami *pq*, *ij*, oo_1, *in*..., (poziomymi jakoteż dążącymi do *A*) leżą krawędzie stopni. Odcinając jeszcze na *PP* długość *1'2'* równającą się półtorakrotnemu odcinkowi *12* (z 123_a) i rysując *1'A* i *2'A* otrzymujemy kwadrat *1234*, nad którym wznosić się musi słup środkowy.

Po wykończeniu perspektywy całego planu przystępuje się do odcięcia wysokości nad poszczególnymi punktami. W tym celu rysuje się na boku figurę pomocniczą podobnie jak we fig. 63, kreśląc przez dowolny punkt *F* na horyzoncie (tak jak punkt *Q* fig. 59) prostą *FX* a następnie pionową *XW*.

Ponieważ ściany aba_1b_1 i cdc_1d_1 pierwszych słupków leżą na samém tle, przeto odcinamy $aa_1 = bb_1 = {}^3/_2 \times aa_1$ (z 123_a) a wykreśliwszy prostą a_1d_1 równolegle do *PP* i linie a_1A i c_1A otrzymujemy zarazem wysokość hh_1 w zagłębieniu *h*. Pionowe nad punktami *f*, *g*, *h*... *c*, *d*, uzupełniają rysunek graniastosłupków narożnych, którym już tylko brakuje owych małych piramid o wierzchołkach *s*. Wierzchołki te *s*, s_1, *s*, leżą w perspektywie na pionowych, wystawionych ze środków *o*, o_1, *o*, kwadratów, a w wysokościach, które z fig. 123_a na te pionowe perspektywicznie przenieść należy. Sprowadzamy w tym celu (wedle §fu 52, fig. 63) punkty *o* w punkt *y* figury pomocniczéj i wznosimy w *y* pionową. Odcinając na *XW* długość $XIII = {}^3/_2 \times os$ (z 123_a) i kreśląc *IIIF* uzyskujemy pionowo nad *y* punkt *s*, w wysokości wierzchołka ostrosłupa nad podstawą. Odcinek *ys* przeniesiony do *os* i *os* (najlepiéj za pomocą linii równoległéj do *PP*) prowadzi do wierzchołków *s*, *s*, piramid zaostrzających pierwsze dwa słupki. Przez połączenie punktów *s* z punktami f_1, a_1, b_1, j_1, c_1, d_1 uzupełnia się rysunek tych dwóch ostrosłupów. Linia *sA* przetnie pionową, która wychodzi ze środka o_1, w punkcie s_1 piramidy dalszéj, który można

*) Jak można było otrzymać punkty *f* i *g* wprost za pomocą punktów *f'* i *g'* na *PP*?

było także za pomocą zagłębienia z środków o_1 i pionowej zs_1 otrzymać.

Chcąc uzyskać rysunek stopni, kreśli się z punktu j_1 wprost krawędź stopnia górnego równolegle do PP jako położoną pionowo nad linią ji perspektywicznego planu. Następnie odcinamy na cc_1 wysokość trzech stopni $cr=rt=tc_1$. Prosta rj_1 jest linią spadu schodów. Za pomocą niéj i pionowych w punktach j i q wzniesionych uzupełniamy po uzyskaniu punktów u, v, w, rysunek schodów w tém miejscu sposobem znanym. Na ścianie gg_1 spostrzega się jeszcze część pierwszego stopnia, reszty w perspektywie nie widać.

Jeżeli w końcu wysokość słupa środkowego, od dołu licząc, równa się XD (we fig. bocznéj) to rysujemy linią 12 do x (§. 52, fig. 63) i pionową $x1_2$ do DF. Punkt 1_2 przeniesiony pionowo nad 1 daje tam punkt 1_2 i zarazem poziomą krawędź górną $1_2 2_2$ środkowego słupa. Prosta pionowa z 4 do góry i linia z 1_2 do A narysowana kończą rysunek tegoż.

Co do warunków artystycznych (§. 85), to punkt oka A możnaby wprawdzie uważać jako położony na środkuobrazu, gdybyśmy sobie przedstawili, że obraz od punktu A ku lewéj o odległość AH przedłużono. W tym wypadku jednak odstęp oka, wynoszący około 22 *cm* i wystarczający dla obrazów bardzo małych stałby się niedostatecznym w obec szerokości obrazu $2 \times AH = 21\,cm$ (powinienby bowiem wynosić około 31 *cm*; ob. §. 104). Z tego tedy powodu fig. 123 o przedłużonéj nawet płaszczyznie obrazu niezupełnie odpowiada ścisłym wymaganiom artystycznym §^fu^ 85. W następujących jednak figurach 124 i 125, które razem jeden obraz tworzą, warunkom tym stanie się zadość.

§. 112. **Przykład drugi. Użycie pomocniczego planu perspektywicznego.** Z wykonania i rozpatrzenia się we fig. 123 wynika, że przy rysunku perspektywy zawilszych form główną część pracy stanowi wykreślenie perspektywicznego planu, podczas gdy odcięcie wysokości jest rzeczą stosunkowo łatwiejszą. Jedyna trudność, którąby przy odcinaniu wysokości nad poszczególnymi punktami nasunąć się mogła, byłaby ta, że otrzymane po wyrysowaniu planu i odcięciu kilku wysokości krawędzie przedmiotu (jak n. p. poziome z punktów r, v, u, w etc.) przecinałyby się z liniami planu, a ten stałby się przez to mniéj wyraźnym. Łatwoby z tego wyniknąć mogła myłka w punktach, a za tém i odcięcie wysokości w niewłaściwych miejscach. Okoliczność ta może szczególniéj tam, gdzie formy przedmiotów są bardzo zawiłe, wcale niekorzystnie wpłynąć na rysowanie ich perspektywy, chodzi więc o środek zaradczy, a podano go przy kreśleniu fig. 124.

Mamy w téj figurze wyrysować przedmiot tensam, co we fig. 123, lecz umieszczony na dwóch płytach, jak to geometrycznie przedstawia fig. 125_a. Górna część jéj (widok przedmiotu z przodu) uwidocznia owe płyty przy *a*, *g*, *h*, mianowicie ich grubość i szerokość. Podstawa całego przedmiotu jest znowu kwadratową. Do wyrysowania planu perspektywicznego we fig. 124 służy plan geometryczny 125_a, z którego zdejmuje się miary tak, jak z 123_a. Wysokość słupków narożnych jest *kl*. Przedmiot z 125_a chcemy we fig. 124 i 125 o połowę powiększyć.

Wykr. Linia *PP* jest linią podstawową obrazu, *HH* jego horyzontem, punkt oka *A* znajduje się na środku obrazu a punkt $D/_3$ umieszczony przy pionowéj krawędzi jego wskazuje, że cały odstęp oka wynosi półtorakrotną szerokość obrazu. Uczyniono tedy zadość wymaganiom artystycznym §[fu] 85.

Chcąc obecnie uniknąć wyż nadmienionéj niedogodności z planem, obiera się poniżéj linii *PP* prostą P_1P_1, tak zwaną pomocniczą linią podstawową, i rysuje za pomocą niéj i danego na *HH* punktu $D/_3$ plan perspektywiczny z geometrycznego (z 125_a) zupełnie jak we fig. 123. Najbliższa zaś krawędź $a'b'$ nie ma teraz leżeć na tle, ale po za niém w dowolnie tu przyjętéj głębokości. Po wykreśleniu tedy, z obranego dowolnie punktu a', linii pozioméj jakoteż prostéj $a'A$ aż do P_1 na P_1P_1, odznaczamy tu długość $P_1b_1 = {}^3/_2 \times ab$ (z 125_a) a rysując b_1A uzyskuje się nadmienioną powyżéj krawędź $a'b'$ jako długość boku *ab* (z 125_a). Z odcinku $P_1f_1 = {}^1/_2 \times ab$ (jak w fig. 123) na P_1P_1, wykreślenia linii f_1A aż do f' a następnie prostéj $f'D/_3$ powstaje na $a'A$ wierzchołek kwadratu d', a więc i cały perspektywiczny kwadrat $a'b'c'd'$. W nim wyrysowano przekątne i uzupełniono cały plan według wskazówek podanych przy fig. 123; podstawą słupa wysokiego, umieszczonego na płaszczyźnie górnego stopnia jest $i'j'k'$ (*ijk* we fig. 125_a).

Należy sobie teraz wyobrazić, że plan ten, przy pomocy linii P_1P_1 narysowany, znajduje się na pomocniczéj płaszczyźnie podstawowéj, która o odległość PP_1 poniżéj właściwéj linii *PP* obrazu leży. Krawędzie pionowe przedmiotu przedstawią się (jak w fig. 123) nad dotyczącymi punktami planu, z tą tylko różnicą, że w rysunku ich odnieść je trzeba do właściwéj płaszczyzny podstawowéj, przedstawionéj linią *PP*.

W celu otrzymania krawędzi *ab*, położonéj na właściwéj pł. podstawowéj, a pionowo nad $a'b'$, obieramy dowolny punkt *F* na horyzoncie i kreślimy FP_1 i *FP*. Zawarta między tymi dwiema prostymi skala wysokości (fig. 58 i 59) wyznacza odległość obu płaszczyzn podstawowych od siebie. Przedłużamy teraz $a'b'$ do *x* (na P_1F) i rysujemy pionową *x1* (do *PF*), która przedstawi odległość obu płaszczyzn podstawowych w zagłębieniu $a'b'$. Linia pozioma z punktu *1* wyznacza prostą *ab* pio-

nowo nad *a'b'* a na właściwéj pł. podstawowéj. Między pionowymi z *a'* i *b'* mieści się długość krawędzi *ab*. Aby nad nią uzyskać wysokość pierwszego stopnia, odcina się $Pg = {}^3/_2 \times ag$ (z 125ₐ; *Pg* leży na tle) i rysuje *gF*. Pionowa *12* przedstawia wysokość stopnia w zagłębieniu *ab*. Pozioma z punktu *2* między pionowymi z *a* i *b* wyrysowana stanowi granicę pionowéj ściany frontowéj pierwszego stopnia. Ścianę jego boczną otrzymujemy po wykreśleniu prostéj *bA* i pionowéj z *c'*.

Podobnie z drugim stopniem. Przedłużamy bowiem *3'3'* do *y* (na P_1F), wznosimy w *y* pionową a na P_1PW odcinamy $gh = Pg$. Przez wykreślenie *hF* i pionowéj z *y* powstaje *34* jako wysokość drugiego stopnia w zagłębieniu *y*. Pionowe z *3'*, *3'* i poziome z *3* i *4* wyznaczają przednią pionową ścianę *3434*, proste zaś *3A* i *4A* i pionowa z punktu *III* planu boczną ścianę pionową drugiego stopnia.

Daléj rysujemy *5'5'* do *z* i pionową w punkcie *z*. Na *PW* odcinamy między *hk* wysokość trzech stopni i kreślimy z tych punktów linie do *F*. Prosta *56* w głębokości *z* wyznacza wysokość, poziome zaś *666*, *555* stanowią razem z pionowymi punktów *5'*, *5'*, *5'*, *5'* planu granice słupków narożnych. Resztę rysunku, jak schody etc. otrzymuje się jak we fig. 123. Sposób wykonania widać z fig. 124.

Chcąc odciąć słup środkowy, nad *i'j'k'* położony, który wznosi się nad pł. podstawy o wysokość *ox* (z 125ₐ), szukamy nasamprzód krawędzi *ij* na płaszczyźnie najwyższego stopnia. Przedłuża się w tym celu *i'j'* do *u* i rysuje linią *u7'78*. Punkt *7'* leży na płaszczyźnie podstawowéj; pozioma z niego wyznacza nad *i'* punkt *7''* również na pł. podstawowéj. Między pionowymi, które z punktów *i'*, *j'* planu wykreślono, rysuje się w wysokości punktu *7* (fig. bocznéj) krawędź *ij* środkowego słupa na płaszczyźnie najwyższego stopnia. Linia *jA* i pionowa z *k'* planu dają wierzchołek *k* tego słupa, którego wysokość *ox* nad pł. podstawową jeszcze do odcięcia pozostaje.

W tym celu odznacza się od punktu *7''*, t. j. punktu na pł. podstawy nad *i'* położonego, w górę perspektywicznie długość ${}^3/_2 \times ox$ (z 125ₐ) czyli $3 \times op$ (jeżeli *p* połowi długość *ox* w 125ₐ). Ponieważ jednak na prostéj *PW* nie da się cała wysokość $3 \times op$ zmieścić, to wypada na razie odciąć tylko trzecią część tego wymiaru, t. j. $Pp = op$ i narysować linią *pF* Otrzymana nad punktem *u* długość *7'8* jest więc, jak wiadomo, także trzecią częścią perspektywicznéj wysokości słupa nad podstawą. Potrzeba zatem tylko odcinek *7'8* od punktu *7''* w górę trzy razy przenieść, jak to w punktach *8*, *9*, *10* uczyniono. Pozioma z *10* i pionowa z *j* dają punkt *11*. Prosta *11A* i pionowa z *k* uzupełniają rysunek.

Użycie perspektywicznego planu pomocniczego okazało się tedy bardzo przydatném. Plan ten wolny od linij obcych

przedstawia wyraźnie wierzchołki, nad którymi wysokości odciąć należało, a sprawę tę wykonano odrębnie za pośrednictwem pomocniczéj figury punktu *F*. Zastosowanie takiego planu ma jeszcze tę zaletę, że figura jego, jako więcéj od horyzontu oddalona, przedstawia się szerszą, więc wyraźniejszą niż na właściwéj pł. podstawowéj, przez co rysunek zyskuje na dokładności.*) Za pośrednictwem pomocniczego planu i figury bocznéj wykonano wszystkie konstrukcye perspektywiczne po za właściwym rysunkiem, co dla malarza w ogólności jest pożądaném.

§. 113. Przykład trzeci. Na téj saméj zasadzie otrzymano fig. 125, któréj całkowity szkic geometryczny widać w 125_a.

Wykr. Znaleziono i tu plan pomocniczy sposobem wiadomym jak poprzednio. Co się tyczy samego rysunku, to w ogóle całą podstawę przedmiotu aż do płaszczyzny, na któréj stoi właściwy słup pomnika, wykonano tak, jak we fig. 124. Między słupkami narożnymi umieszczono jednak zamiast stopni ławeczkę, jak w 125_a widać.

W celu narysowania słupa środkowego i jego części szukamy nasamprzód krawędzi *mm* położonéj nad *ij*. Wynajdziemy ją, przedłużając *ij* aż dopunktu *i* na P_1F i odcinając (na PW) $Pm_1 = {}^3/_2 \times om$ jakoteż $m_1n_1 = {}^3/_2 \times mn$ (z 125_a). Linie m_1F i n_1F wyznaczają na pionowéj punktu *i* punkty *m*, *n*, a wychodzące z nich poziome odcinają na pionowych w punktach *i*, *j*, planu wzniesionych, wierzchołki *m*, *m*, *n*, *n* ściany pionowéj *mmnn*. Proste *mA* i *nA* aż do punktów *1*, *2*, znajdujących się na pionowéj punktu *1* planu, stanowią granicę bocznéj ściany pionowéj.

By otrzymać punkty *rr*, rysujemy poziomą *ll* aż do *l* na P_1F,**) odcinamy na PW długość $m_1r_1 = {}^3/_2 \times mr$ i kreślimy prostą r_1F aż do pionowéj z *l*, przez co uzyskujemy punkt *r*. Pozioma z niego wyznacza na pionowych z punktów *l* planu punkty *rr* przedmiotu. Przez połączenie punktów *n*, *r*, — *n*, *r*, — *2*, *3* ze sobą powstałyby krótkie krawędzie ściętéj piramidy. Rysunek ich jednak, otrzymany tym sposobem, nie będzie nigdy dość dokładny — co gorsza, może nawet do tego stopnia stać się wadliwym, że widok jego na oku niemiłe wrażenie wywrze. O wiele stosowniéj wyznaczyć wierzchołek *s*, w którym się perspektywy tych krawędzi w przedłużeniu przetną. Wszystkie podobne wierzchołki *s*, *t*, *x*, mieszczą się oczywiście na pionowéj, wychodzącéj z punktu przecięcia się przekątnych na planie, t. j. z punktu *y*. Aby ten punkt *s* wyznaczyć, rysujemy poziomą

---

*) Podobnie jak szuflady fig. 49 tém są szersze, im są daléj od horyzontu.

**) dla uniknięcia zbyt zawiłego rysunku nie wykreślono téj linii.

yy do P_1F, odcinamy na *PW* długość $Ps_1 = {}^3/_2 \times os$ i kreślimy s_1F aż do punktu *s*, położonego na pionowéj z *y*. Prosta pozioma *ss* wyznaczy na osi pionowéj szukany wierzchołek, z którego teraz rysujemy dokładnie krawędzie *srn*, *srn*. *s32*.

W dalszym ciągu odcina się $Pu_1 = {}^3/_2 \times ou$ i kreśli u_1F do punktu *u* pionowo nad *r*, a następnie poziomą *uu*. Podobnie $Pw_1 = {}^3/_2 \times ow$, prostą w_1F do *w* pionowo nad *i* (planu) i poziomą *ww* jakotéż $Pv_1 = {}^3/_2 \times ov$, v_1F aż do *v* nad *w* i poziomą *vv*. Z wierzchołka *t* ($Pt_1 = {}^3/_2 \times ot$, t_1F do *t* nad *y* i poziomą *tt*) uzupełniamy odwrócony ostrosłup o krawędziach *t u w*..

Punkty *c*, *c*, *c*, leżą w płaszczyźnie *v*, *v*... pionowo nad punktami *u*, *u*, i można je wyznaczyć przez przedłużenie v_1vF aż do pionowéj *ru* i wykreślenie z otrzymanego na niéj punktu linii pozioméj aż do prostych *ru*, *ru*. Punktów tych *c*, *c*... nad horyzontem położonych tu nie widać.

Dla uzyskania punktów *z*, *z*, kreśli się w planie poziomą *zz* aż do *z* na P_1F a stąd pionową w górę. Na niéj powstanie po odcięciu na P_1P długości $Pz_1 = {}^3/_2 \times oz$ (z 125a) i wykreśleniu prostéj z_1F punkt *z*. Pozioma z niego odetnie na pionowych w punktach *z*, *z*, planu wzniesionych szukane wierzchołki *z*, *z*. Łączymy je według fig. 125a z wyznaczonymi poprzednio a niewidocznymi punktami *c*, *c*.

W celu otrzymania ostatniego wierzchołka *x* odcina się dla braku miejsca $P_1p = {}^1/_2 \times ox = op$ (z 125a) i rysuje p_1F aż do *p* nad *y*. Z wyznaczonego nad *y* punktu *1* linii *PF* kreśli się poziomą aż do *1''* nad punktem *y* planu i przenosi długość *1p* na figurze bocznéj uzyskaną, cyrklem z punktu *1''* nad planem trzy razy do *p*, *2*, *x*, poczem się ostatecznie górny ostrosłup (*xz*, *xz*) rysunkiem uzupełnia.*)

XIII.

D a c h y.**)

W praktyce perspektywicznéj zastosowują głównie następujące ich formy:

1) Dach siodłowy z szczytami. 2) Dach siodłowy bez szczytów. 3) Dach strzelisty (ostrosłupowy). 4) Rozmaite kombinacye tych form pomiędzy sobą.

§. 114. Z a s a d n i c z a f o r m a d a c h u s i o d ł o w e g o z e s z c z y t a m i i b e z s z c z y t ó w. Pierwszy z nich przedstawia fig. 126. Prostokątna przestrzeń *abcd* ma być pokryta dachem, którego granicę stanowią dwie płaszczyzny (poły) za-

---

*) Z rysunkami dobrze wykonanymi, a to na podstawie pomocniczego planu geometrycznego spotkać się można często już w dziełach dawniejszych autorów, jak np. w dziele Andrzeja Pozzo (1709) od figury 10ej począwszy.

**) Przykłady dachów wyjęto częściowo z dzieła Cassagne: «Traité pratique de perspective» Paris 1879.

równo do poziomu nachylone, jak *abop* i *cdop*, a przecinające się w prostéj *op* zwanéj kalenicą. Linia ta leży pionowo wprost nad linią *12*, połowiącą boki *ad*, *bc* prostokąta, boki, nad którymi się wznoszą szczyty *bcp* i *ado*. Do otrzymania punktów *1*, *2* służą prostokąty *bhkc* i *afgd*. Przekątne ich przecinają się w p_1 i o_1 (ob. fig. 83); pionowo nad tymi punktami znachodzimy na bokach *ad* i *bc* szukane punkty *1*, *2*. W stosownéj nad nimi wysokości mieszczą się wierzchołki *p* i *o* szczytów. Z nich kreślimy ukośne krawędzie *bp*, *cp*, *ao*, *do* dachu.

Punkty *1* i *2* można było także otrzymać z wykreślenia przez punkt *x* (ob. rysunek) prostéj równoległéj do *ab*. Sposób ten dla bardzo skośnego przecięcia się przekątnych prostokąta *abcd* nie zaleca się jednak dokładnością.

O prostych *ao* i *bp* można jeszcze powiedzieć, że przy dokładnym rysunku przeciąć się muszą w jakimś punkcie $+z$ linii pionu, taksamo jak proste *od* i *pc* w punkcie $-z$, na pionie o tyle poniżéj punktu *A* położonym, o ile $+z$ leży powyżéj tegoż. (Por. z fig. 24).

Dach siodłowy bez szczytów w zasadniczéj swéj formie przedstawia się we fig. 127. Na prostokącie *abcd* odcięto przy obu bokach *ad* i *bc* kwadraty *adgk* i *bchf*. (*fc* przechodzi przez *D*, dla tego $bf = bc$ a figura *bfhc* jest kwadratem; a że $ag = bf$, to i *adgk* jest kwadratem). Przekątne tych kwadratów przecinają się w punktach o_1 i p_1, nad którymi w odpowiedniéj wysokości leżą punkty końcowe *o* i *p* kalenicy. Linia ta zajmuje tedy względem prostokąta *abcd* takie samo położenie, jak we fig. 126. Kreśląc proste *ao*, *do*, *bp*, *cp* otrzymamy poły dachu, których tu jest cztery i które przestrzeń nad prostokątem *abcd* z czterech stron ukośnie zamykają.

Z rysunku wprost widać, że każda z czterech krawędzi dachu *ao*, *do*, *bp*, *cp* leży pionowo nad połówką odpowiedniéj przekątnéj, a mianowicie *ao* nad ao_1, *do* nad do_1, *bp* nad bp_1, *cp* nad cp_1.

§. 115. **Dach siodłowy z szczytami.** Wznosi się on we fig. 128 nad prostokątem *abcd*, przy którym nad częścią boku *ab* umieszczono jeszcze szczyt *hklpq*. Ukośna płaszczyzna $lpuu_1$ i pionowa pqu_1 przecinają się z połą *abst* dachu głównego w krawędziach uu_1 i u_1q, które należy perspektywicznie wyznaczyć.

Wykr. Narysowawszy nad prostokątem *abcd* dach siodłowy wedle fig. 126 (przekątne *bg* i *cf* wyznaczają punkt *o*, nad nim *s*, stąd *bs* i *cs*) i przyjąwszy przy *ab* figurę *hklpq* jako dany szczyt nowy, kreśli się proste *lA* i *pA* i szuka punktów ich przecięcia *u* i u_1 z połą dachu głównego. Rysujemy w tym celu prostą pionową *bw* w zagłębieniu punktu *b*, a więc i całéj prostéj *ab*. Pionowa ta leży przeto wraz z szczytem *hklpq* nad *ab* się wznoszącym w téjsaméj płaszczyźnie pionowéj, ró-

wnoległéj do tła. Można zatem uważać prostą *bw* jako przecięcie się płaszczyzn obu szczytów *hklpq* i *bcs*.

Pozioma *lr* (*r* na *bw*) i prosta *lA* mają jednakowe wysokości, znajdują się przeto na jednéj płaszczyźnie pozioméj. Linia *rA* leży na téjże saméj płaszczyźnie, a będąc zarazem na płaszczyźnie szczytu *bcs* przecina krawędź *bs* tego szczytu w punkcie *t*. Prosta z *t* równoległa do *st* leży na płaszczyźnie dachu głównego, a zarazem z liniami *lr* i *rt* na téjsaméj płaszczyźnie poziomej, na któréj jak nadmieniono i *lA* się znajduje. Jako linie téjsaméj płaszczyzny muszą się proste *lA* i pozioma z punktu *t* koniecznie przeciąć, a to w szukanym punkcie *u*. Zupełnie podobnie i według téjsaméj zasady rysujemy równoległą do *ts* prostą pr_1, daléj r_1t_1 (ku *A*) i z t_1 poziomą linią dachu, która w przecięciu się z prostą *pA* wyznaczy szukany punkt u_1. Proste uu_1 i u_1q przedstawiają przecięcia się obu powierzchni dachowych.

Chcąc w płaszczyźnie *bcs* wyznaczyć inny trójkąt *134* tak, aby odstęp między *bs* i *13* tego był rozmiaru, co między *cs* i *14*, rysujemy przez *A* prostą *A3'4'* przecinającą przekątne *cf* i *bg* w punktach *3'* i *4'*. Pionowe z nich przecinają prostą z *A* w *3* i *4*. Odstępy między *3* a *bs* i *4* a *cs* są teraz bezsprzecznie jednakowe. Potrzeba następnie jeszcze wykreślić z punktów *3* i *4* perspektywicznie równoległe do *bs* i *cs*. Z punktu *3* mianowicie dąży prosta do punktu przecięcia się *bs* z pionem (nad *A*) jako do punktu zbiegu obu prostych *bs* i *31*. (Ob. punkt $+z$ we fig 126). Punkt ten zbiegu leży jednak już po za granicami rysunku. Aby mimo to otrzymać kierunek prostéj *31* postępujemy jak dawniéj (fig. 107). Szukamy $b/_3$ ($Ab/_3 = {}^1/_3 \times Ab$) i rysujemy stąd geometrycznie równoległą do *bs* aż do punktu $z/_3$ nad *A*. Następnie znaczy się w punkcie $^1/_3$ trzecią część odległości *A3* i kreśli prostą $^1/_3 z/_3$. Przez punkt *3* geometrycznie równolegle do $^1/_3\, z/_3$ wykreślona jest szukaną linią *31*, dającą na prostéj *os* punkt *1*. Łącząca punkt ten z punktem *4* prosta uzupełnia trójkąt *341*. W końcu przyjęto w płaszczyźnie szczytu *hklpq* figurę *56789*, któréj boki muszą być do boków *hklpq* g e o m e t r y c z n i e równoległe.

§. 116. D a c h s i o d ł o w y b e z s z c z y t ó w. Wykreślono go nad prostokątem *abcd* (fig. 129), umieszczonym w pewnéj wysokości nad horyzontem, a to według fig. 127. Z dachu tego widać dwie poły *abs* i *ads*. Proste *af* i *bf*, *dg* i *cg* są przekątne owych koło boków *ab* i *cd* narysowanych kwadratów (fig. 127).

W płaszczyźnie prostokąta *abcd* znajduje się przy *1 2 3 4* prostokąt mający być podstawą pionowego graniastosłupa z otworami okienek dachowych; sięga on po nad powierzchnię dachu i przecina ją oczywiście w obrębie poły *abs*, podobnie jak umieszczony nad prostokątem *11, 12, 13, 14* słup w obrębie poły *ads*. Krawędzie przecięcia się ścian graniastosłupów tych z po-

łami dachu są właśnie przedmiotem wykreślenia. Krawędź dachu *as* leży nad przekątną *af*, *bs* nad *bf* (§. 114, fig. 127).

Wykr. Po przedłużeniu krawędzi *12* (dąży do *A*) aż do przekątnych w *r* i *p* i wykreśleniu stąd pionowych uzyskuje się na *as* i *bs* punkty *t* i *q* pionowo nad *r* i *p*. Prosta *tq* (dąży do *A*) leży tedy pionowo nad *rp* i jest oczywiście linią przecięcia się pionowéj ściany słupa z połą *abs*. Linia *56* (punkty *5* i *6* leżą pionowo nad *1* i *2*) uwidocznia ten przekrój w szerokości słupa. Z punktów *5* i *6* wychodzą stosownie długie pionowe do *7, 8*. (Linia *78* dąży do *A*). Podobnie znachodzimy punkt *9*. (Rysuje się *34* do *n*; pionowo nad *n* leży *m* na *as*; prosta *mA* i pionowa punktu *3* przecinają się w punkcie *9*). Linia *96* jest krawędzią ściany pionowéj *328* z połą dachu, a proste *8, 10* i *9, 10* uzupełniają rysunek téj ściany. Słupek można u góry znowu zakończyć szczytem.

W ten sam sposób postępuje się ze słupem wystawionym nad prostokątem *11, 12, 13, 14*. Przedłuża się *11, 12* do punktu *h* na przekątnéj *gd*. Pionowo nad *h* na krawędzi dachu leży punkt *k*. Pozioma z *k* wyznacza na pionowych z punktów *11, 12* punkty *15* i *16*, a więc prostą *15, 16* jako przecięcie ściany pionowéj *11, 12* z połą *ads* dachu. Przecięcie *15, 19* téj ostatniéj z ścianą pionową *11, 14* powstanie po wykreśleniu: *13, 14* do *l*, pionowéj *li*, a wreszcie poziméj z *i* aż do *19* na pionowéj z *14*. U góry umieszczono na *17, 18* znowu szczyt i obydwa słupki nieco wycięto.

§. 117. **Dach strzelisty (ostrosłupowy).** Nakrywa on najczęściéj kwadratowe przestrzenie. We fig. 130 jest *abcd* kwadratem. Rysunek dachu ostrosłupowego rozpoczniemy wykreśleniem przekątnych kwadratu, przez co powstaje punkt *o*. Wyznaczywszy pionowo nad *o*, albo w dowolnéj albo według danego wymiaru odciętéj wysokości, punkt *s* jako wierzchołek ostrosłupa, rysujemy krawędzie dachu *as, bs, cs, ds* (krawędzi *cs* na figurze nie widać).

Dach ostrosłupowy może się składać z dwóch albo i więcéj ostrosłupów różniących się między sobą nachyleniem ścian do poziomu. We figurze 131 widać dach taki nad kwadratem *abcd*. Ostrosłup o wierzchołku *s* przecina płaszczyzna pozioma w pewnéj wysokości w kwadracie *fghk*. Przestrzeń powyżéj *fghk* ma być nakryta innym ostrosłupem, o wierzchołku *S* poniżéj *s*, na linii pionowéj *os* położonym. — Po wyrysowaniu tedy kwadratu *fghk* łączymy wierzchołki jego z nowym wierzchołkiem *S* piramidy i dochodzimy przez to do formy dachu w górnéj części przytępionéj. Linie *af, bg, ch* są częściami krawędzi pierwszego, *fS, gS, hS* zaś krawędziami drugiego ostrosłupa.

Odwrotnie ma się rzecz we fig. 132. I tu przecięto ostrosłup *abcds* płaszczyzną poziomą w kwadracie *fghl* ale wierz-

chołek *S* drugiego ostrosłupa obrano na pionowéj *os* powyżéj punktu *s* i połączono go (t. j. *S*) z punktami *f*, *g*, *h*, *l*. Dach ten jest w górnéj swéj części zaostrzony.

§. 118. *Kombinacye form dachowych.* Przykład pierwszy. Skombinowanie dwóch dachów szczytowych ze sobą daje dach czwórszczytowy. Przedstawia się go w rysunku (fig. 133) wykreślając nad każdym bokiem kwadratu szczyt i wyznaczając krawędzie przecięcia się płaszczyzn dachowych.

Wykr. Wyrysowawszy z punktu przecięcia się przekątnych, t. j. z punktu *o*, proste *34* równolegle do *ab* i *cd* jakoteż *12* równolegle do *bc* i *ad* (dąży do *A*), otrzymujemy punkty *1*, *2*, *3*, *4*. Pionowo nad nimi w pewnéj (dowolnéj albo danéj) wysokości leżą szczyty s_1, s_2, s_3, s_4, z których kreślimy odpowiednie trójkąty abs_1, ads_3, bcs_4 i (niewidomy) cds_2. Linie proste łączące punkty s_1 i s_2, s_3 i s_4 przecinają się w punkcie *s*, położonym pionowo nad *o*. Z połączenia jego, t. j. punktu *s*, z wierzchołkami *a*, *b*, *c*, *d*, dolnego kwadratu otrzymujemy linie, uzupełniające rysunek formy dachowéj. (We figurze z linij tych widać tylko *sb*).

Z rysunku łatwo spostrzéc, że proste s_1s_2 i s_3s_4 mieszczą się w górnym kwadracie $a_1b_1c_1d_1$ położonym o wysokość szczytu nad *abcd* a pionowo nad prostymi *12* i *34*. Punkt *s*, znajdujący się pionowo nad *o*, jest punktem przecięcia się przekątnych górnego kwadratu a linie, które łączą ten punkt *s* z wierzchołkami *a*, *b*, *c*, *d*, dolnego kwadratu, leżą pionowo nad połówkami przekątnych jego, jak *Sb* nad *bo*.

Niewidome ściany i krawędzie oznaczono w rysunku liniami przerywanymi.

§. 119. Przykład drugi. Figura 134 przedstawia kombinacyą dwóch ostrosłupów, z których jeden czworościenny *sabcd* nakrywa przestrzeń kwadratową *abcd* i przechodzi w drugi, mający formę umiarowego ostrosłupa ośmiościennego.

Wykr. Narysowawszy nad kwadratem *abcd* dach ostrosłupowy o krawędziach widzialnych *as*, *bs*, *cs* (jak fig. 130), znaczymy teraz w kwadracie *abcd* kontur umiarowego ośmioboku. (Tak jak we fig. 120 §. 108: $am = \frac{1}{2} \times ab = mn$ i $an = b1 = a2$, itd.). Jest nim figura *12345678*, a widome krawędzie ostrosłupa *1S*, *2S*, *3S*, *4S*, *8S* można wprost narysować.

Chodzi teraz jeszcze o wyznaczenie punktów *t* i *u*, w których krawędzie *as* i *bs* ostrosłupa czworościennego ze ścianami *S18*, *S23* drugiego ostrosłupa się przetną. Ponieważ krawędź *as* (ostrosłupa czworościennego) leży pionowo nad przekątną *ao*, to płaszczyzna pionowa przesunięta przez krawędź *as* i przez oś *osS* ostrosłupów mieści w sobie przekątną *ao*. Płaszczyzna ta przetnie zatem ostrosłup ośmiościenny w krawędzi wychodzącéj z punktu *x*, t. j. punktu przecięcia się boku *18* ośmioboku z przekątną *ao*. Prosta *Sx* jest tedy ową krawę-

dzią ośmiościennego ostrosłupa, która leży na wspomnionéj wyżéj płaszczyźnie, gdzie się także znajduje *as*. Obie proste *xS* i *as* przetną się zatem w punkcie *t*, a linia *t1* jest wspólną krawędzią ścian *abs* i *81S* obydwu ostrosłupów. Podobnie wynajduje się punkt *u* po poprzedniém wyznaczeniu punktu *y*. Ten ostatni leży w przecięciu się przekątnéj *ob* z bokiem *23*, a wychodząca z niego do *S* krawędź *yS* wyznaczy na boku *bs* szukany punkt *u*. Proste *2u* i *3u* są przeto liniami przecięcia się ściany *23S* ze ścianami *abs* i *bcs*.

Punkty *t* i *u* leżą na linii równoległéj do horyzontu. Krawędź *4S* zasłania górną część krawędzi *cs*, którą przeto tylko w małym odcinku widać; z lewéj strony krawędź *as* zasłania dolną część krawędzi *8S*.

§. 120. Przykład trzeci. We fig. 135 widać kombinacyą dachu czwórszczytowego z czworościennym ostrosłupem.

Wykr. Po wyrysowaniu nad kwadratem *abcd* dachu czwórszczytowego (jak we fig. 133) i ostrosłupowego (jak we fig. 130) chodzi już tylko o punkty *f* i *g*, w których się kalenice s_3s_4 i s_1s_2 z połami *adS* i *abS* ostrosłupa przetną. Kalenica s_3s_4 leży w całéj swéj długości pionowo nad linią *34*, przechodzącą przez środek *o* kwadratu. Płaszczyzna przesunięta przez wierzchołek *S* i kalenicę s_3s_4 przechodzi zarazem przez prostą *34*, przecina zatem połę *adS* w krawędzi *3S*. Krawędź ta wyznaczy na linii s_3s_4 punkt *f*, a prosta *af* przedstawia przecięcie się poły abs_3s_4 ze ścianą *adS*. Taksamo szukamy krawędzi *1S*, w któréj płaszczyzna pionowa *S12*, przesunięta przez kalenicę s_1s_2, ścianę *abS* przetnie. *S1* i s_1s_2 (dąży do *A*) wyznaczą punkt *g*, a prosta *ga* jest znowu wspólną krawędzią obu płaszczyzn dachowych.

§. 121. Przykład czwarty. Fig. 136 przedstawia jeszcze dach czwórszczytowy w połączeniu z po nad nim wystającą ośmiościenną wieżyczką graniastosłupową. Zakończono ją u góry ośmiościennym dachem strzelistym.

Wykr. Wyrysowawszy nad kwadratem *abcd* poczwórny szczyt wedle fig. 133, kreślimy na płaszczyźnie tego kwadratu umiarowy ośmiobok *12345678* (sposobem fig. 134) tak, aby środek jego padł w środek kwadratu. Ośmiobok ten jest podstawą owéj wieżyczki. Po wykreśleniu z wierzchołków jego linij pionowych w górę, należy jeszcze wyznaczyć punkty *t*, *u*, *v*, *z*, *n*, w których się kalenice dachu ze ścianami wieżyczki jakoteż krawędzie wieżyczki z połami dachu przetną.

Płaszczyzna pionowa s_3s_4pq przechodzi przez kalenicę s_3s_4, przecina płaszczyznę szczytu ads_3 w pionowéj s_3p, płaszczyznę kwadratu *abcd* w prostéj *pq*, ścianę wieżyczki zaś w prostéj pionowéj, wychodzącéj z punktu *r*, który prosta *pq* z bokiem *78* ośmioboku wyznacza. Pionowa ta z *r* odetnie na krawędzi s_3s_4 punkt *t*, będący właśnie przebiciem pionowéj ściany *78* wieżyczki z kalenicą s_3s_4.

W celu otrzymania punktu *u*, w którym krawędź wieżyczki pionowa, z punktu *8* wychodząca połę dachu przetnie, przesuwamy przez krawędź *8* płaszczyznę pionową, równolegle do poznanéj już s_3s_4pq. Przetnie ona kwadrat w linii *89* (do *pq* równoległéj) płaszczyznę szczytu ads_3 zaś w pionowéj *9k*, a połę dachu w poziomej z punktu *k* wychodzącéj. Na téj poziomej a pionowo nad punktem *8* leży punkt *u*. Prosta *tu* jest przeto krawędzią poły dachu z pionową ścianą *78* wieżyczki.

Gdzież jest punkt *v*, w którym się przecina krawędź dachowa *as* (punktu *s* we figurze nie widać, leży on nad *o* na s_3s_4, ob. fig. 133) z płaszczyzną *81* wieżyczki?

Ponieważ krawędź *as* leży pionowo nad *ao*, przeto punkt *v* musi leżeć pionowo nad punktem *i*, w którym przekątna *ao* krawędź *81* przetnie. Pionowa z punktu *i* wyznaczy tedy na prostéj *as* punkt *v*. Linia *uv* jest wspólną krawędzią poły abs_3s_4 i pionowéj ściany *81* wieżyczki.

Krawędź pionowa punktu *1* przecina dach już w obrębie poły as_1s w punkcie *z*, kalenica zaś s_1s_2 (s_2 jest niewidzialny) pionową ścianę *12* w punkcie *n*. Jak znaleść te punkty?

Aby otrzymać punkt *n*, przesuwamy przez kalenicę s_1s_2 pionową płaszczyznę s_1s_2fg. Przetnie ona pł. szczytu abs_1 w pionowéj s_1f, pł. kwadratu w linii *fg* (do *A* dążącéj), ścianę pioniową *12* zaś w linii pionowéj, wychodzącéj z punktu *l*, w którym proste *fg* i *12* się przecinają. Pionowa z punktu *l* w górę wyznaczy na kalenicy s_1s_2 szukany punkt *n*. Dla otrzymania punktu *z* przesuwamy przez krawędź pionową *1* płaszczyznę równoległą do poprzód uważanéj s_1s_2fg. Przetnie ona kwadrat w *1x*, pł. szczytu abs_1 w pionowéj *xy*, a dach as_1n w linii z *y* do *A* dążącéj. Gdzie prosta *yA* wzniesioną w punkcie *1* pionową przetnie, tam jest punkt *z*. Proste *vz* i *zn* są tedy przecięciami ścian pionowych *81* i *12* wieżyczki z połą as_1s dachu. Słupek kończy się u góry umiarowym znowu ośmiobokiem, który jest podstawą ośmiościennéj piramidy o wierzchołku *S*.

Uwaga. Typy dachów stanowią odrębne rysunki perspektywiczne, posiadając każdy dla siebie osobny punkt *A*. Czy i o ile odpowiadają warunkom artystycznym §fu 85, patrz końcowe ustępy §§. 104 i 111.

Rozdział trzeci.

Przedmioty bryłowe o kształtach okrągłych.

Wszystkie kształty okrągłe, z którymi malarz może mieć w ogólności do czynienia, dadzą się przedstawić za pomocą koła. Wykreślenie jego perspektywy jest tedy w pierwszym rzędzie potrzebne.

XIV.

Wykreślenie obwodu perspektywicznego koła.

§. 122. Koło w płaszczyźnie równoległéj do tła. (Widok jego prosty). We fig. 137 przedstawia bryła *abcdfghk* perspektywę kostki. Narysowano bowiem nasamprzód kwadrat *abgf* i znaleziono za pomocą punktu $D/_2$ punkt *d* tak, że *ad* i *ab* są perspektywicznie równe. Z punktu *d* wychodząc uzupełniamy położoną w głębi ścianę kostki *cdhk*. Na pierwszéj, najbardziéj do tła zbliżonéj ścianie *abfg* narysowane koło, którego środkiem o_1 jest punkt środkowy kwadratu (t. j. punkt przecięcia się przekątnych) a którego obwód styka się z bokami kwadratu w punktach *1, 2, 3, 4*, zowie się kołem w kwadrat wpisaném. Promień jego równa się widocznie połowie boku kwadratu. Gdyby się rozchodziło o wyrysowanie takiego samego koła na wszystkich ścianach kostki, a więc o wpisanie koła we wszystkie pozostałe kwadraty, to można do tego użyć z korzyścią kwadratu i koła ściany pierwszéj.

Mając rozpocząć konstrukcyą dalszą na ścianie *cdhk* będącéj w głębi, rysujemy na niéj przekątne, ażeby otrzymać środek o_2 koła, którego obwód oczywiście jako stykający się z bokami kwadratu zaraz wykreślić można. Perspektywa koła tego, jako położonego na równoległéj do tła płaszczyźnie *cdhk*, musi być również kołem, co już wynika z §. 23. (Por. z fig. 64 §. 53). Perspektywa koła na płaszczyźnie do tła równoległéj przedstawia się tedy zawsze jako koło. Wyszukać tylko wypadnie jego środka jakoteż promienia zmniejszonego stosownie do zajętéj głębokości. Tak otrzymany rysunek koła zowie się widokiem jego prostym.

§. 123. **Koło w płaszczyźnie pozioméj.** a) Wyznaczenie czterech punktów na bokach kwadratu i ich stycznych. Obecnie szukamy perspektywy koła na podstawie *abcd* kostki, t. j. koła wpisanego w perspektywiczny kwadrat *abcd*. Jeżeli kwadrat ten około boku *ab*, jakoby około zawiasów w górę obrócimy, zbliżając przy tém bok *cd* do tła, to ukaże on nam się wreszcie w równoległém do tła położeniu *abfg* (§. 63). Gdyby w kwadracie *abcd* znajdowało się już było perspektywicznie wpisane koło, to zajęłoby ono po dokonanym obrocie położenie geometrycznego a wpisanego w kwadrat *abfg* koła 1234. Gdybyśmy zaś na odwrót kwadrat geometryczny *abfg* wraz z wpisaném weń kołem *1234* obracali około boku *ab* tak, aby bok *fg*, coraz bardziéj od tła się oddalający, zajął położenie *cd* na podstawie kostki, to wystąpiłby geometryczny kwadrat *abfg* w kształcie perspektywicznego *abcd*, a koło *1234* przedstawiłoby się perspektywicznie, a to jako wpisane

w owę perspektywę *abcd*. Jeżeliby się tedy po dokonaniu wyż wspomnianego obrotu udało wynaleść, gdzie się na nowéj płaszczyźnie znajdą punkty koła geometrycznego *1234*, to linia krzywa przechodząca przez te miejsca przedstawiłaby kształt, w jakimbyśmy to koło po obrocie widzieli, przedstawiłaby zatem perspektywę koła w kwadrat *abcd* wpisanego, leżącego więc na płaszczyźnie pozioméj.

W celu konstrukcyjnego wykonania słownie wskazanego sposobu obiera się na kole geometryczném takie punkty, których położenie po dokonanym obrocie łatwo wyznaczyć. Są to przedewszystkiém punkty *1*, *2*, *3*, *4*, w których koło z bokami kwadratu styka się. Można je otrzymać, jeżeli się przez środek o_1 kwadratu wykreśli dwie proste, równoległe do boków jego i wyznaczy punkty przecięcia się ich z bokami. Będą to właśnie szukane punkty *1*, *2*, *3*, *4*. Ponieważ kwadrat *abfg* po dokonanym obrocie przyszedł w położenie *abcd*, przeto przekątne jego *ag*, *fb* przedstawią się jako proste *ac*, *bd*, których punkt przecięcia się o_3 jest miejscem, gdzie wystąpi środek o_1 koła pierwotnego po obrocie. Punkt o_3 jest perspektywicznym środkiem perspektywicznego koła.

Linia *34* przez o_1 wykreślona, a równoległa do boków *ab* i *fg* przejdzie po obrocie przez o_3 także równolegle do *ab* i *cd**) przetnie zatem pozostałe dwa boki *ad* i *bc* w punktach 3_1 i 4_1. Odpowiadają one punktom *3* i *4* koła geometrycznego, t. z. że w miejscach 3_1 i 4_1 ukazują się punkty *3*, *4* koła tamtego po obrocie. Linia *12* przez o_1 wykreślona, a równoległa do *af*, *bg* przejdzie po obrocie przez o_3 także równolegle do *ad* i *bc*.**) Linia ta przedstawi się tedy jako przechodząca przez o_3 prosta, dążąca do *A*. Przecina ona bok *cd* w punkcie 1_1, który odpowiada punktowi *1* koła geometrycznego (t. z. w miejscu 1_1 ukazuje się punkt *1* koła geometrycznego po obrocie). Z bokiem *ab* przecina się linia ta w punkcie *2*, który jest zarazem punktem koła geometrycznego.***) Punkty $1_1, 2, 3_1, 4_1$ leżą teraz na linii krzywéj, która przedstawi perspektywę koła. Po-

---

*) a to geometrycznie równolegle, bo takimi są boki *ab* i *cd* perspektywicznego kwadratu *abcd*.

**) mianowicie perspektywicznie równolegle, bo takimi są boki *ad* i *bc* perspektywicznego kwadratu *abcd*.

***) Jest to wynik konieczny, gdyż linia *12* przecina się z bokiem *ab* w punkcie *2*, taksamo jak boki *fa* i *gb* w punktach *a* i *b*. Po dokonanym w wiadomy sposób obrocie około linii *ab* położenie punktów *a*, *2*, *b*, jako na téj osi obrotu znajdujących się, nie ulega przecież zmianie (§. 64). Prosta $o_3 1$ przeto, odpowiadająca linii *12* w kole geometryczném a dążąca do *A*, musi przejść przez stały punkt *2*, taksamo jak boki *ad* i *bc* (odpowiadające bokom *af* i *bg*) przechodzą, dążąc do *A*, przez stałe punkty *a* i *b*. Można zatem było prostą $o_3 1_1$ i bez punktu o_3 otrzymać jako linią połączenia stałego punktu *2* z punktem *A*. Przejdzie ona przez punkt o_3 koniecznie.

nieważ koło geometryczne z bokami kwadratu w punktach *1, 2, 3, 4* styka się, przeto musi i krzywa ta w punktach 1_1, *2*, 3_1, 4_1 do odpowiednich boków *cd*, *ab*, *ad*, *bc* stycznie przylegać.

b) Wyznaczenie dalszych czterech punktów (na przekątnych) i ich stycznych. Potrzeba ich dla dokładniejszego rysunku perspektywicznego koła. Najłatwiéj dadzą się znaleść punkty odpowiadające przecięciom się geometrycznego koła z przekątnymi kwadratu, t. j. punktom *5, 6, 7, 8*. Leżą one w perspektywie oczywiście na przekątnych *ac*, *bd* perspektywicznego kwadratu *abcd*, a chodzi tylko o dokładniejsze oznaczenie miejsca. We fig. 137 spostrzega się, że prosta łącząca punkty *5, 8*, jest pionową, a więc równoległą do boków *af* i *bg*, taksamo jak linia łącząca punkty *6, 7*. Proste *58* i *67* przedłużone przecinają bok *ab* w punktach *x*, *x*. Gdzież się przedstawią te proste po dokonaniu obrotu?

Otóż podobnie jak prostą *12* widzimy po obrocie jako linią przechodzącą przez stały punkt *2* i dążącą do *A*, taksamo przedstawią się równoległe do *12* proste *58* i *67* po obrocie jako linie przechodzące przez stałe na *ab* punkty *x*, *x*, a dążące do *A*. Obie te proste *xA*, *xA*, odpowiadające liniom *58* i *67* przecinają przekątne *ac* i *bd* w punktach 8_1, 5_1, 7_1, 6_1. W tych miejscach widzimy punkty *8, 5, 7, 6*, koła geometrycznego po dokonaniu obrotu; są to zatem punkty należące również do obwodu koła perspektywicznego. Koło to wypada teraz z wolnéj ręki wykreślić, a to w postaci linii krzywéj, która przechodzi przez wyznaczonych ośm punktów 1_1, *2*, 3_1, 4_1, 5_1, 6_1, 7_1, 8_1 i baczyć zarazem na to, aby ona w punktach 1_1, *2*, 3_1, 4_1 do odpowiednich boków perspektywicznego kwadratu stycznie przylegała.

Do dokładności rysunku jeszcze przyczyniłoby się poprzednie wykreślenie prostych, któreby się z krzywą koła perspektywicznego w punktach 5_1, 6_1, 7_1, 8_1 stykały. Proste te zowiemy stycznymi koła w owych punktach. Uskutecznić to łatwo za pomocą prostych stycznych do koła geometrycznego w punktach *8, 7, 6, 5*, t. j. prostych *rt*, *o9*, *e,10*, *p,11*.*)

Chcąc otrzymać miejsce, w którém się styczna punktu *8* (prosta *rt*) po dokonanym obrocie przedstawi, należy przedewszystkiém pamiętać, że punktowi *8* odpowiada w perspektywie punkt 8_1 i że punkt r_1 jako mieszczący się na osi *ab* nie zmienia podczas obrotu położenia swego (tak jak punkty *a*, *b*, *2*, *x*, *x*). Prosta $r8_1$ jest tedy miejscem, które styczna *rt* po obrocie zajmie, a témsamém jest i styczną do perspektywy koła w punkcie 8_1. Podobnie linia $o7_1$ (punkt *o* stały) w punkcie 7_1.

---

*) Proste te jako styczne do koła muszą być prostopadłe do promieni punktów styczności, a więc $rt \perp o_1 8$, $o9 \perp o_1 7$ itd.

W celu uzyskania stycznéj w punkcie 5_1 przedłużamy styczną punktu *5* koła geometrycznego aż do przecięcia się z linią *34* w punkcie s_1*). Aby punkt ten otrzymać w perspektywie, kreślimy przezeń równoległą do boków *af* i *bg*. Jest to prosta $s_1 u_1$, przecinająca bok *ab* w punkcie u_1. Po obrocie prosta ta zajmuje oczywiście położenie $u_1 A$ (dla czego?) i przetnie linią $3_1 4_1$ w punkcie v_1, który jak łatwo pojąć, punktowi s_1 odpowiada. Prosta $s_1 5$ przechodzi zatem po dokonaniu obrotu w położenie $v_1 5_1$ i styka się w punkcie 5_1 z perspektywiczném kołem. Przez punkt v_1 przechodzi także styczna $r 8_1$, gdyż styczna *r8t* koła geometrycznego idzie przez punkt s_1. Obie styczne w punktach 8_1 i 5_1 znamy tedy, jeżeli znamy punkt v_1.

Co do stycznéj punktu 6_1, to nietrudno zrozumieć, że— po powtórzeniu dopiero co dokonanéj konstrukcyi także przy punkcie *6*— punkt v_2 wypadnie na prostéj $3_1 4_1$ po drugiéj stronie środka o_3 tak, że odległość $o_3 v_2$ równą będzie odległości $o_3 v_1$. Linia $v_2 6_1$ jest szukaną styczną punktu 6_1. Przez punkt v_2 przechodzi i styczna w punkcie 7_1. Styczne w 6_1 i 7_1 poznamy jednocześnie z wykreśleniem punktu v_2. Uzyskano tedy dla perspektywy koła za pomocą łatwéj konstrukcyi ośm punktów wyrysować się mającéj krzywéj i styczne w tychże punktach do niéj. Krzywą tę należy przez wynalezionych ośm punktów z wolnéj ręki tak wykreślić, by do wyrysowanych ośmiu prostych stycznie przylegała.

Wpisuje się przeto w dany perspektywiczny kwadrat *abcd* na płaszczyźnie podstawowéj perspektywiczne koło, kreśląc przedewszystkiém przekątne *ac* i *bd*, następnie przez otrzymany punkt o_3 jednę prostą do *A*, drugą równolegle do *PP*. Obie te proste wyznaczają na bokach kwadratu punkty 1_1, 2, 3_1, 4_1 perspektywicznego koła. Dla otrzymania większéj ilości punktów jego i stycznych rysujemy nad bokiem *ab* kwadrat geometryczny *abfg*; przekątne jego dadzą środek koła wpisanego w ten kwadrat, które cyrklem zataczamy. Przecina ono owe przekątne w punktach *5, 6, 7, 8*, z których wyżéj podanym sposobem uzyskuje się i punkty 5_1, 6_1, 7_1, 8_1 i styczne ich, a tak da się krzywa, przedstawiająca perspektywę koła, z dostateczną dokładnością od ręki wykreślić.

c) Otrzymane powyżéj punkty 5_1, 6_1, 7_1, 8_1 i ich styczne można po wykreśleniu punktów 1_1, 2, 3_1, 4_1 uzyskać także inaczéj, a to za pomocą kwadratu wzniesionego nad bokiem *cd*, t. j. kwadratem *cdhk*.**) Z punktów bowiem przecięcia się przekątnych *kc*, *dh* z kołem

*) I styczna *rt* przecina prostą *34* w tym punkcie s_1.

**) Kwadrat ten powstaje przez obrót kwadratu *abcd* około boku *cd*. (Por. §. 63).

w ten kwadrat mniejszy wpisaném kreśliłoby się podobnie jak poprzednio proste *5'8'* i *6'7'* do punktów x_1, x_1 na linii *cd*. Proste Ax_1, Ax_1 byłyby tymi samymi prostymi *Ax*, *Ax*, które w wykonanéj już konstrukcyi wykreślono, przecięłyby zatem przekątne *ac* i *bd* w tychsamych punktach $5_1, 6_1, 7_1, 8_1$. Aby otrzymać i styczne, kreśliłoby się styczną w punkcie *6'* do koła małego i przedłużyło ją do punktu s_2 linii $4_3 3_2$ przechodzącéj przez środek o_2 małego koła. Prosta Au_2 (u_2 leży pionowo pod s_2 na linii *cd*) wyznacza na $3_1 4_1$ punkt v_2 (wyżéj także otrzymany), z którego wychodzą styczne do 6_1 i 7_1.

Można przeto za pomocą kwadratu wykreślonego nad *ab* jak i kwadratu nad *cd* i odpowiednich w nie wpisanych kół dojść do perspektywy koła. Z konstrukcyj tych wybiera się dogodniejszą. Czy wreszcie koło mieścić się ma na płaszczyźnie podstawowéj czyli też na innéj płaszczyźnie pozioméj, (jak np. we fig. 137 w górnym kwadracie poziomym *fghk*), to, jak i dalsze przykłady okażą, rzeczy nie zmienia.

§. 124. Możebność uproszczenia konstrukcyi. Wynika ona ze szczegółowego rozpatrywania, jakiemuśmy fig. 137 dotąd poddali. Mając bowiem kwadrat perspektywicznie dany, można punkty 1_1, 2, 3_1, 4_1 koła weń wpisanego wprost, bez pomocy geometrycznego kwadratu i koła otrzymać.*)

Uzyskanie dalszych punktów 5_1, 8_1, 6_1, 7_1 zależy jak widać od wyznaczenia punktów *x*, *x* na *ab*, względnie x_1, x_1 na *cd*. Do otrzymania zaś punktu *x* nie potrzeba obydwu punktów *5* i *8*, lecz dość na jednym z nich, tak jak dla drugiego *x* wystarczy jeden z punktów *6*, *7*. Podobnie ma się rzecz z punktami x_1, x_1 na *cd*. — Co do stycznych w punktach $5_1, 8_1$ i $6_1, 7_1$, to mając punkty v_1 i v_2 znamy je także. Że zaś punkt v_1 zależy od u_1, leżącego pionowo pod s_1 (względnie v_2 od u_2 leżącego pod s_2), to ostatecznie wyznaczenie stycznych zależy od punktów s_1, względnie s_2, w których styczne w punktach *5*, względnie *5'* albo i *6'*, kół geometrycznych średnice tychże *34*, (względnie $4_3 3_2$) przetną.

Z tego wypadnie w końcu, że do uzyskania punktów $5_1, 6_1, 7_1, 8_1$ i ich stycznych nie potrzeba będzie *całych* kwadratów i pomocniczych kół geometrycznych ale że można poprzestać na zastosowaniu połowy tychże.

§. 125. *Uproszczenie konstrukcyi w wypadkach specyalnych.* Sposób pierwszy. Jeżeli we fig. 138_a mamy w kwadrat *abcd*, położony na pł. podstawowéj, wpisać perspektywiczne koło, to znaczy się nasamprzód za pomocą prostych z perspekty-

*) W kołach małych rozmiarów można już z tych punktów rysunek krzywéj z dostateczną dokładnością wykreślić, a stykanie się jéj (rozumie się w tych punktach) z bokami kwadratu ułatwia konstrukcyą.

wicznego środka *o*, t. j. prostych *34* i *oA* punkty *3, 4, 1, 2.* Następnie kreśli się nad *ab* półkole *afb* i półkwadrat *abgh*. Proste *1g*, *1h* (połówki przekątnych kwadratu) przecinają koło w punktach *5, 6*. Pionowo pod nimi leżą na *ab* punkty *x*, *x*. Proste stąd do *A* dają na przekątnych *ac*, *bd* punkty *5, 8* i *6, 7* szukanego koła. Aby otrzymać styczne w tych punktach, rysuje się w punkcie *5* styczną *5s* do koła geometrycznego. Punkt *s* na *ab* występuje w tym wypadku już jako punkt u_1 fig. 137, przeto linia *sA* przecina średnię *34* perspektywicznego koła w punkcie *v*, a wychodzące z niego do punktów *5* i *8* proste są szukanymi stycznymi. Z przeniesienia długości *ov* do ov_1 i wykreślenia prostych *v6* i *v7* powstaną styczne w punktach *6* i *7*. P r z e z o t r z y m a n y c h o ś m p u n k t ó w p r z e c h o d z i ż ą d a n e k o ł o p e r s p e k t y w i c z n e, p r z y l e g a j ą c w n i c h s t y c z n i e d o w y k r e ś l o n y c h o ś m i u p r o s t y c h.

Gdyby kwadrat $a_1b_1c_1d_1$ (fig. 138_b), w któryby koło wpisać należało, znajdował się nad horyzontem, konstrukcya żadnéj nie ulegałaby zmianie. Po wyznaczeniu bowiem środka o_1 i punktów *1, 2, 3, 4*, kreśli się, tym razem nad mniejszym bokiem c_1d_1, półkole $c_1f_1d_1$ i półkwadrat $c_1h_1g_1d_1$. Przekątne $2g_1$ i $2h_1$ dają na kole punkty *5* i *6*. Pionowo nad nimi na c_1d_1 leżą punkty x_1, x_1. Na prostych x_1A, x_1A i przekątnych a_1c_1, b_1d_1 wypadną punkty *5, 8* i *6, 7* koła. Styczne w nich otrzymano jak we fig. 138_a. Z wykreślenia linii $6s_1 \perp 26$ wypadł punkt s_1. Prosta s_1A odcina na *34* punkt *v*; z niego wychodzą styczne *v6* i *v7*, a z punktu v_1 położonego po drugiéj stronie środka o_1 tak, aby było $o_1v = o_1v_1$, — styczne v_15 i v_18.

§. 126. S p o s ó b d r u g i. (B e z p o m o c y g e o m e t r y c z n e g o k o ł a). Z fig. 137 i z niéj wypływających 138_a i 138_b widać, że do wykreślenia punktów 5_1, 6_1, 7_1, 8_1 potrzeba punktów *x*, *x*, na *ab* lub x_1, x_1 na *cd*, a do wyznaczenia tych znowu pomocy geometrycznych kół i kwadratów. Uwidoczniono jednak we fig. 137 inny jeszcze sposób prowadzący do punktów *x*, *x*, a to b e z pomocy geometrycznego kwadratu i koła. Sposób ten polega na następującém wykreśleniu: Dzieli się połowę boku *ab*, więc np. długość *2b* w punkcie *m* na dwie równe części i kreśli $ml \perp 2b$. Odciąwszy $ml = bm$, rysuje się prostą *2l*, przenosi jéj długość (*2l*) cyrklem po obu stronach punktu *2* na bok *ab* i uzyskuje tak punkty *x*, *x*.*) Po-

*) Tożsamość tak otrzymanych punktów a punktów *x*, *x* (uzyskanych poprzód już na *ab* przez wykreślenie z punktów *5* i *6* prostopadłych do *ab*) nie ulegnie wówczas wątpliwości, jeżeli się okaże, że odległość leżącego wprost pod *6* punktu *x* od punktu *2* równa się długości *2l*. Dowód w tym kierunku da się przez zastosowanie twierdzenia Pytagorasa na trójkątach o_16i (w obrębie koła) i *2ml* łatwo wyprowadzić.

dobnie można otrzymać x_1, x_1 po dokonaniu téjsaméj konstrukcyi na linii *cd*.

Konstrukcyą tę zastosowano w fig. 139a. Po wykreśleniu w niéj perspektywicznego kwadratu *abcd* na pł. podstawy wraz z przekątnymi i wyznaczeniu punktów *1, 2, 3, 4*, odcięto $1f = \frac{1}{2} \times 1b$, daléj $fg \perp ab$ i $fg = 1f$. Z przeniesienia długości *1g* cyrklem na linią *ab* po obu stronach punktu *1* uzyskuje się punkty *x*, *x*. Proste z nich do *A* wyznaczają na przekątnych punkty *5, 6, 7, 8*. Otrzymano tedy wprawdzie ośm punktów perspektywy koła bez poprzedniego geometrycznego wykreślenia jego ale bez stycznych w cztérech z nich, t. j. w punktach *5, 6, 7, 8*. Dla kół jednak niebardzo wielkich rozmiarów stopień téj dokładności wystarczy.

§. 127. Sposób trzeci. (Najdogodniejszy dla kół większych). Fig. 137 podaje jeden jeszcze sposób perspektywicznego kreślenia koła, a to sposób bardzo dogodny, gdyż nie potrzebując pomocy geometrycznego kwadratu i koła otrzymuje się nie tylko punkty *5, 6, 7, 8*, ale jednocześnie i ich styczne.

W wieloboku *rtp11,10,e9o* fig. 137 poznać łatwo geometryczny, wpisane koło mieszczący w sobie umiarowy ośmiobok. Boki jego są zatem wszystkie do koła styczne, a mianowicie znajdują się punkty styczności *8, 5*, boków ukośnych, jak *rt*, *p,11* etc. tam, gdzie się te boki z przekątnymi pierwotnego kwadratu *abfg* przecinają. Geometrycznemu kwadratowi *abfg* odpowiada perspektywiczny *abcd*; geometrycznemu kołu *12...78* perspektywiczne $1_1 2 ... 7_1 8_1$. O ile przeto figura zamknięta bokami geometrycznego kwadratu *abfg* i stycznymi punktów *5, 6, 7, 8*, geometrycznego koła jest geometrycznym ośmiobokiem umiarowym, o tyle i figura zamknięta bokami perspektywicznego kwadratu *abcd* i stycznymi punktów 5_1, 6_1, 7_1, 8_1 koła perspektywicznego musi być perspektywicznym ośmiobokiem umiarowym. Jeżeli tedy punkty styczności *5, 6, 7, 8*, koła geometrycznego z ukośnymi bokami ośmioboku były punktami przecięcia się tych boków z przekątnymi geometrycznego kwadratu, to i w rysunku perspektywicznym leżą odpowiadające im punkty 5_1, 6_1, 7_1, 8_1 tam, gdzie się przekątne kwadratu *abcd* z odpowiednimi bokami perspektywicznego ośmioboku przetną.

Na tém polega konstrukcya perspektywicznego koła w kwadracie *abcd* (fig. 139b), który się mieści nad horyzontem. Wykreśliwszy jego przekątne i oznaczywszy punkty *1, 2, 3, 4*, przystępujemy do wpisania weń perspektywicznego umiarowego ośmioboku. Dzieje się to sposobem znanym już z §. 105 fig. 115, zastosowanym perspektywicznie we fig. 120,

który dla ułatwienia sprawy krótko tu powtórzono: Rysuje się $bl \perp ab$, odcina $bl = 1/_2 \times ab = b1$ i przenosi długość $1l$ cyrklem z b do p i z a do q. Punkty p i q są już wierzchołkami szukanego ośmioboku. Proste pA i qA wyznaczają na cd nowe dwa wierzchołki p_1 i q_1 tegoż. Wychodzące z punktów r, s, t, u (na przekątnych) a równoległe do ab proste odcinają na bokach ad i bc resztę wierzchołków v, w, y, z. W uzyskanym ośmioboku leżą, jak we wstępnéj charakterystyce téj metody nadmieniono, punkty styczności boków pv, qy, zq_1, p_1w z perspektywiczném kołem w przecięciu się tych boków z przekątnymi kwadratu *abcd*; są to zatem punkty *5*, *7*, *8*, *6*. Należałoby teraz tylko perspektywiczne koło z wolnéj ręki tak w ośmiobok wpisać, aby przez punkty *1*, *2*, *3*, *4*, *5*, *6*, *7*, *8* przechodziło i do boków ośmioboku w tych właśnie punktach stycznie przylegało.

Uwaga. Obwodu koła perspektywicznego w tym wypadku we fig. 139_b nie uwidoczniono, aby natomiast rysunek ośmioboku był wyraźniejszy.

Sposób ten, podający ośm punktów perspektywicznego koła wraz z ich stycznymi bez pomocy geometrycznego koła i kwadratu, jest dla nawet wcale znacznych już rozmiarów kół jeszcze zawsze dokładny. Dotąd uwagi nań nie zwracano.

§. 128. Wpisanie koła w perspektywiczny dwunastobok. Gdyby wymiary koła były bardzo wielkie, tak żeby zachodziła obawa, że wpisanie jego w perspektywiczny umiarowy ośmiobok nie da dość dokładnego rysunku, to można sposobem łatwym uzyskać perspektywę dwunastu stycznych koła jakoteż leżące w nich punkty styczności, a więc wpisać koło w umiarowy perspektywiczny dwunastobok.

Jeżeli we fig. 140 *abcd* jest perspektywicznym kwadratem, w który koło wpisać należy, to wyznacza się najprzód punkty *1*, *2*, *3*, *4*, jak zwykle i kreśli następnie nad *cd* połowę geometrycznego kwadratu *cdgh* i połowę koła weń wpisanego. To półkole dzielimy na sześć równych części. Stanie się to przez odcinanie promienia jego od punktu *f* po obu stronach na kole, (przez co powstaną punkty *k* i *n*), jakoteż od punktów *d* i *c*, (z czego wynikną punkty *m* i *l*).*)

Styczne w punktach *d*, *k*, *l*, *f*, *m*, *n*, *c*, dwunastoboku wypadną prostopadle do promieni tychże punktów, a więc:

$pd \perp 2d$ (a zarazem równolegle do $2f$)
$pq \perp 2k$ (a zarazem równolegle do $2m$)
$qr \perp 2l$ (a zarazem równolegle do $2n$) itd.;

styczne te dadzą się przeto z łatwością bardzo dokładnie

---

*) Uzasadnienie tego podziału polega na znanym pewniku, że promień koła na obwodzie tegoż da się sześć razy odciąć.

wykreślić. Zaznacza się przy tém, że punkty, w których się przecinają styczne, wyrysowane w k i l, jakoteż w m i n, t. j. punkty q i t, leżą na przekątnych $2g$ i $2h$ półkwadratu.

Rozchodzi się teraz o wyznaczenie położenia, jakie te wszystkie proste i punkty zajmą w rysunku perspektywicznym. Prowadzące do tego konstrukcye wyliczymy tylko w porządku, jak po sobie następują, bez ponownego tłómaczenia, co wobec szczegółowego rozpatrywania fig. 137 i 138 wystarczy. *Wykr.* Spuszcza się z wierzchołków q, r, s, t, dwunastoboku prostopadłe do cd i otrzymuje punkty q', r', s', t'. Z tych r', s' są już zarazem wierzchołkami perspektywicznego dwunastoboku, a odpowiadające im r_2, s_2 na ab wypadną w przedłużeniu prostych Ar' i As'. Daléj wyznaczają proste Aq' i At' na przekątnych punkty q_1, q_2, t_1, t_2, odpowiadające punktom q i t, na przekątnych $2g$ i $2h$ położonym. Proste q_1r' i q_2r_2 są tedy bokami perspektywicznego dwunastoboku, odpowiadającymi stycznéj qr. Styczna ta przecina przedłużenie linii cd w punkcie x, prosta Ax zaś wyznacza na 34 punkt v, przez który oba wykreślone poprzednio boki q_1r' i q_2r_2 przejść muszą. Można więc i te boki z wszelką dokładnością wyrysować. Podobnie otrzymuje się boki $s't_1$ i s_2t_2 odpowiadające stycznéj st; przecinają się one w punkcie v_1 tak położonym, żeby ov_1 równało się ov. Następnie przedłuża się styczną pq aż do y na cd. Prosta Ay wyznacza na 34 punkt z, przez który przejść muszą boki p_1q_1 i p_2q_2, odpowiadające stycznéj pq. Tak te boki, jak boki z drugiéj strony odpowiadające stycznéj tu, t. j. boki t_1u_1 i t_2u_2 uwidocznia się rysunkiem.

Na otrzymanych w ten sposób bokach perspektywicznego dwunastoboku potrzeba jeszcze wyznaczyć punkty styczności. Spuszczone w tym celu z k i l pionowe dają na cd punkty k' i l'; proste Ak' i Al' na bokach p_1q_1, p_2q_2 i q_1r', q_2r_2 punkty *5*, *6* i *7*, *8* Taksamo dochodzi się z drugiéj strony za pomocą prostych mm', nn' a następnie Am' i An' do punktów *9*, *10* i *11*, *12*. Przez te, konstrukcyą właśnie co uzyskane punkty kreśli się z wolnéj ręki do boków dwunastoboku stycznie przylegające perspektywiczne koło.

§. 129. **Wyznaczenie szesnastu punktów obwodu koła.** (fig. 141). Konstrukcyą tę wyjęto wraz z objaśnieniem z dzieła Fielding'a „Synopsis of practical Perspective" London 1836 str. 75. „Jeżeli koło jest wielkie, postępuje się według metody Serlia. Wykreśliwszy perspektywiczny kwadrat $abcd$ i jego przekątne, rysuje się nad bokiem np. cd geometryczny półkwadrat cdf_1g_1, a w nim półkole f_1lg_1. Półkole to podzielono na 8 równych części. Z poszczególnych punktów f_1, 3_1, 2_1, 1_1... spuszcza się pionowe aż do punktów e, e, e... linii cd i łączy punkty te z punktem oka A. Linie Ae, Ae... wyznaczą na przekątnych perspekt. kwadratu punkty

I, I, 2, 2, III, III... z których rysujemy linie poziome. Przecinają się one z liniami *Ae, Ae*.. w punktach *1, 2, 3... 1', 2', 3'*... szukanego koła».

Uwaga. Wykreślenia tego dokonano i w półkwadracie i półkolu geometryczném, co przy jednakowém znakowaniu do zrozumienia konstrukcyi powinno wystarczyć.

§. 130. Teoretyczny kształt perspektywicznego koła. We wszystkich dotąd przerobionych wypadkach ograniczono się do wyznaczenia perspektywy koła za pomocą kilku lub kilkunastu punktów i stycznych, przyczem sprawy kształtu perspektywicznego koła w ogólności nie tknięto. W szczególnym tylko wypadku równoległości koła do płaszczyzny obrazu czyli tła powiedziano, że perspektywa takiego koła także kołem się przedstawia (§§. 23, 53, 122).

Jakiż kształt posiada perspektywa koła w ogóle, jeżeli koło samo nie równoległe ale dowolne względem tła zajmuje położenie? Odpowiedź wyniknie z następującego rozumowania: Koło, którego perspektywę malarską wyznaczamy, znajduje się najczęściej całe po za płaszczyzną obrazu. Dążące z oka do poszczególnych punktów jego obwodu promienie widzenia leżą wszystkie na powierzchni stożka; linia krzywa, w którój stożek ten płaszczyznę obrazu przetnie, jest oczywiście perspektywą owego koła. Kształt perspektywicznego koła może zatem być tylko taki, jak go teorya płaskim przekrojom stożka przyznaje; te zaś są kołami albo elipsami, parabolami lub hiperbolami stosownie do położenia, jakie płaszczyzna sieczna względem tworzących owego stożka zajmuje.

Jeżeli koło znajduje się po za płaszczyzną obrazu i jest podstawą tego stożka, którego wierzchołkiem jest oko, natenczas tło przetnie niewątpliwie wszystkie tworzące powierzchni stożkowéj, a rezultatem przekroju może już być tylko koło lub elipsa. Pierwszy wypadek zachodzi, jeżeli podstawa stożka jest do płaszczyzny siecznéj, t. j. do tła równoległa. Mieści się to w udowodnioném już twierdzeniu (§§. 23, 53, 122), że koło równoległe do tła przedstawia się w perspektywie również jako koło. Drugi wypadek następuje zawsze wtedy, jeżeli kołowa podstawa stożka jest do tła nierównoległa. W ogólności tedy, jeżeli koło nie jest do płaszczyzny obrazu równoległe ale całe po za nią leży, perspektywa jego jest stanowczo *elipsą*.*)

*) Teoretycznie możebne wypadki, w którychby perspektywa koła przybrać mogła kształt paraboliczny lub hiperboliczny, w ogólności nie mają w malarstwie znaczenia. W obydwu razach musiałoby koło częściowo leżeć przed tłem, t. j. wraz z okiem po téjsaméj stronie tła. Nadto musiałby punkt, położony w téj części koła a mający największą odległość od tła, znajdować się od niego co najmniéj tak daleko, jak oko albo i daléj. W wypadku, gdyby część koła za tłem leżała, odległość zaś

§. 131. Do wykreślonéj elipsy potrzeba często wyznaczyć pionową styczną. Jeżeli elipsa, będąca perspektywą koła, leży cała po jednéj stronie linii pionu *VV*, jak we fig. 137, 138, 139, to posiada ona, jak widać z rysunku, szczególnie w tym końcu, który jest od *A* więcéj oddalony, bardzo silną krzywiznę, jak np. między punktami *3* i *5* (fig. 138) lub *4* i *5* (fig. 139). I tu właśnie, między tymi punktami obwód jéj nie ma punktu wprost wykreślonego, punktu, któregoby tu najbardziéj potrzeba było, jako w miejscu, gdzie o błąd w rysunku od ręki najłatwiéj.

Nieraz na dokładności rysunkowéj w tém miejscu bardzo zależy. Częstokroć bywa elipsa podstawą słupa pionowego, którego perspektywiczne kontury nie mogą być inne, jak tylko pionowe jéj styczne. Brak punktów, z którychby te styczne wychodziły, staje się przyczyną niedokładnego w tém miejscu rysunku perspektywicznego koła; to też styczne pionowe do elipsy wykreślone mogą łatwo nie mieć właściwego położenia. Pozorna szerokość słupa wypadnie skutkiem tego nie tak, jakby tego konstrukcya wymagała, a całe wrażenie rysunku mogłoby ucierpieć.*) Wobec tego niemałéj wagi jest sposób dozwalający tę pionową styczną do elipsy i jéj punkt styczności wprost wyznaczyć. Wskazówek w téj mierze dostarczy paragraf następny.

§. 132. Geometryczne wykreślenie obwodu elipsy *i pionowych jéj stycznych* za pomocą danéj pary tak zwanych sprzężonych średnic. Średnice takie przedstawiają we fig. 142 linie *ab* i *cd*, przecinające się w punkcie *o* pod kątem dowolnym lecz nie prostym; punkt ten *o* jest geometrycznym środkiem elipsy, przeto $ao=bo$, $co=do$. Aby z nich elipsę wykreślić, zatacza się nad *ab* ze środka *o* koło

---

najdaléj od tła położonego ale przed tłem znajdującego się punktu na kole nie sięgała wyż wymienionéj granicy, t. j. była mniejsza niż odstęp oka, to i wtedy perspektywa koła może być tylko elipsą — część zatem koła położona za tłem przedstawia się w perspektywie jako część elipsy. (Jak łuki *vk*, $2_1 m_1$ prawéj ściany fig. 150 i łuki *a'L*, *b'G*, *c'F* gurtów z lewéj strony we fig. 158).

*) W książce Péquégnot'a »Leçons de Perspective« Paris 1872 znajdujemy na stronie 38 wzmiankę, która ma na celu w razie większéj liczby słupów takich usunąć wadliwości, jakoby powstające z dokładnéj konstrukcyi. Wadliwości te w jego rysunku fig. 66 tab. 21 najniewątpliwiéj istnieją, i należałoby według jego zdania pominąć ścisłą konstrukcyą jako nie dającą dodatniego rezultatu i usunąć niewłaściwości »swobodą« artystyczną, wprowadzającą w rysunek kilka punktów oka. Zapatrywanie takie jest błędne, sprzeciwia się bowiem wymaganiom jedności perspektywicznéj (§. 177). Przyczyną zaś podniesionych w rysunku Péquégnot'a niewłaściwości jest zamały, bo tylko połowę szerokości obrazu wynoszący odstęp oka, a więc nienależyte uwzględnienie momentów artystycznych.— I inni autorowie zadowalają się jak p. Péquégnot zbyt małym odstępem oka; tak np. żąda Wood »A Manual of Perspective« London 1843 str. 10, ażeby odstęp ten równał się dwom trzecim szerokości obrazu.

i rysuje jego prostopadłą do *ab* średnicę *fg*. Kreśląc *ch*⊥*ab* i przedłużając *ch* po za *ab* łączymy *c* i *f* jakoteż *h* i *f* liniami prostymi. Prostą *hf* przedłużamy jeszcze aż do drugiego przecięcia się z kołem w *k*. Prosta *kl* równoległa do *cf* przecina pionową *ch* w punkcie *l*, który już jest punktem elipsy. — W celu otrzymania dalszych jéj punktów potrzeba tylko trójkąty podobne *hcf* i *hlk* posuwać, np. ku *b*. Rysując tak przez dowolnie obrany punkt o_1 prostą równolegle do *fk* aż do punktów *m* i *n* na kole, następnie przez o_1 pionową, to ta przetnie linie, przez *m* i *n* równolegle do *fc* poprowadzone, w punktach *p* i *q*, które już są punktami elipsy. Punkty te *p* i *q* odpowiadają punktom *m* i *n* koła, przeto i cięciwa *pq* elipsy odpowiada cięciwie *mn* koła. Przesuwając te trójkąty o_1mp i o_1nq coraz daléj, otrzymujemy coraz to bliżéj siebie położone punkty elipsy aż do chwili, w któréj linia równoległa do *fk* nie przetnie już koła, ale będzie doń styczną, a to w punkcie *r* (*or*⊥*fk*). Cóż wtedy?

Ponieważ styczna w *r* nie wyznacza na kole dwóch, ale jeden tylko punkt, to i na elipsie teraz jeden tylko punkt jako odpowiadający tamtemu otrzymamy, a to jak zawsze, kreśląc z punktu o_2 (w którym równoległa do *fk* średnicę *ab* przetnie) linią pionową, a z punktu *r* równoległą do *fc*. Punkt *t* przecięcia się tych prostych jest odpowiadającym punktowi *r* punktem elipsy. Linia o_2t odpowiada taksamo prostéj ro_2, jak cięciwa *pq* linii *mn*, a że ro_2 jest styczną koła, to musi być o_2t styczną elipsy a punkt *t* jéj punktem styczności

Postępując taksamo z drugiéj strony, kreślimy od razu styczną so_3*) koła, równolegle do *fk*. Spuszczona z punktu o_3 pionowa jest już żądaną styczną elipsy i przecina się z linią, przez *s* równolegle do *fc* wykreśloną, w punkcie styczności *u*. Łatwo tedy wykreślić pionowe styczne do elipsy i ich punkty styczności, jeżeli znamy parę w geometrycznym środku elipsy przecinających się sprzężonych średnic.

§. 133. Zastosowanie powyższego wykreślenia w perspektywie. *yvwx* (fig. 143) jest kwadratem (punkt oka *A* obok fig. 141), w który należy wpisać koło. Według §fu 127 wyznaczono najpierw umiarowy perspektywiczny ośmiobok i punkty styczności na jego bokach. Linie *ab* i *cd* są perspektywicznymi średnicami szukanéj krzywéj, a punkt *o* jéj perspektywicznym środkiem (§ 123). Przy wpisywaniu jéj od ręki łatwo dostrzéc, że rysunek części *aecf* i *bgd* bardzo będzie dokładny, podczas gdy części między *f* i *b* jakoteż *dha*, gdzie w elipsie najsilniejsza wystąpi krzywizna, łatwo wypaść mogą niedokładnie.

---

*) punkt *s* leży oczywiście na wykreślonéj już średnicy *or*.

Jeżeli prostą *cd* cyrklem geometrycznie w punkcie *p* przepołowimy, to jest on teraz geometrycznym środkiem elipsy, a wykreślona przezeń równoległa do *ab*, — średnicą elipsy sprzężoną geometrycznie z poprzednią *cd*. Punkty *m*, *n*, w których ta średnica elipsę przetnie, dadzą się w ogólności jeszcze dość dokładnie oznaczyć, gdyż *mn* leży zawsze w pobliżu *ab*, a tu właśnie jest (jak dopiero co podniesiono) rysunek elipsy dokładny. — Otrzymawszy tak parę sprzężonych średnic *mn* i *cd*, dojdziemy do szukanych stycznych pionowych a to drogą wytkniętą we fig. 142. Po narysowaniu mianowicie koła nad średnicą *mn* kreśli się $cl \perp mn$ jakoteż prostą *lq*. Prostopadła do *lq* z punktu *p* wyznacza na kole punkty *r* i *s*. Styczne w *r* i *s* równoległe do *ql* przecinają *mn* w p_1 i p_2. Pionowe z tych punktów są właśnie pionowymi stycznymi elipsy i przecinają linie przez *r* i *s* równolegle do *cq* idące w punktach styczności *t* i *u*.

Znamy więc sposób praktycznie-dokładnego wykreślenia pionowych stycznych elipsy, a używamy go wtedy, jeżeli w zagadnieniu konieczność takowego leży.

§. 134. Teoretycznie dokładne wykreślenie powyższego zagadnienia.*) Z fig. 143 widać, że dokładność w wyznaczeniu potrzebnéj średnicy *mn* zależała od poprawności, z jaką elipsę w pobliżu *a* i *b* wykreślono. Sposób podany, jakkolwiek w praktyce dogodny i tu zadanie swe bezsprzecznie spełniający, nie może jednak bynajmniéj uchodzić za naukowe rozwiązanie sprawy. Dla zupełności podaje się wykreślenie średnicy *mn* bez pomocy wyrysowanéj we fig. 143 elipsy.

We fig. 144 jest *abcd* perspektywicznym kwadratem (punkt *A* nad fig. 142), *o* jego środkiem, a proste *bc*, *fg* perspektywicznymi średnicami wpisanego weń koła. Dzielimy, jak powyżéj, długość *cd* w punkcie *p* na dwie geometrycznie równe części, a wykreśliwszy przez *p* równoległą do *fg*, dochodzimy do właściwego zadania, t. j. do wyznaczenia jéj długości *mn*. Przedewszystkiém trzeba tu mieć na uwadze, że proste *fg* i *hi* są między sobą jako perspektywiczne średnice koła w rzeczywistości równe. Jeżeli myślą nad tymi dwiema prostymi zakreślimy dwa półkola pionowe, to rzecz jasna, że przystawy punktu *p* koła nad *hi* i punktu *s* koła nad *fg* wystawionego mają długości równe, gdyż figura *prso* jest kwadratem, a więc odległość obu punktów *s* i *p* od środka *o* jednaką. — Z tego wynika następująca konstrukcya: Kreśli się najprzód półkole *flg*, następnie prostą *rs* (ku *A*), później *sl*. Prosta *Al* odcina na

*) Adhémar, »Traité de Perspective a l'usage des artistes« Paris 1846 str. 100 fig. 119.

pionowéj *rv* punkt *v*. Pozioma z *v* wyznacza nad *p* punkt *q*. Długość *pq* jest promieniem koła *mqn*, które wyznacza długość średnicy *mn*. Za jéj pomocą można teraz sposobem jak we fig. 142 i 143 wyznaczyć pionowe styczne elipsy w kwadrat *abcd* wpisanéj.

§. 135. Dzielenie koła (fig. 145). Mając obwód zamkniętego w kwadracie *ab1,10* koła podzielić na pewną ilość np. 20 równych części, rysuje się nad bokiem *1,10* geometryczne półkole i dzieli je cyrklem na żądaną ilość, w tym wypadku na dziesięć części. Z punktów *2, 3 . . 9, 10* spuszcza się pionowe aż do boku *1,10*. Punkty tu otrzymane łączy się z *A* liniami prostymi, a te, przecinając koło perspektywiczne, dzielą obwód jego na żądaną ilość części perspektywicznie równych. — Gdyby niekiedy najzwyklejsza ta konstrukcya dla niektórych punktów była może niedość dokładną, to podany poniżéj we fig. 150 sposób niedostatkowi temu zaradzi.

§. 136. Koła spółśrodkowe. Jeżeliby wypadło narysować (fig. 146) w perspektywicznych kwadratach o wspólnym środku *o* koła spółśrodkowe, to wpisuje się — najlepiéj największemu kwadratowi — umiarowy ośmiobok *abcdfghk* i wyznacza sposobem znanym punkty styczności *1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8* jego boków z wpisaném weń kołem (§. 127). Proste idące z *a, b.. h, k*, do *o* odcinają na bokach kwadratów mniejszych odpowiednie wierzchołki ośmioboków mniejszych, a linie łączące punkty *1, 2, 7, 8*, ze środkiem *o* na bokach mniejszych ośmioboków punkty styczności mniejszych kół. — W każdy z tych ośmioboków wpisuje się od ręki perspektywiczne koła przez dotyczące punkty a stycznie do boków. — Nad bokami *mn, pq, tu* widać jeszcze geometryczne półkola, których jednak do konstrukcyi nie potrzeba.

§. 137. *Koła w płaszczyznach pionowych.* Wywód ogólny z fig. 137. W rysunku perspektywicznym kostki (fig. 137) widać, że kwadraty *bcgh* i *adfk* leżą na płaszczyznach pionowych, a mianowicie równoległych do płaszczyzny pionu. Jeżeli na nich np. na kwadracie *bcgh* wypadnie narysować perspektywiczne koło, to można kwadrat ten otrzymać (§. 63) z kwadratu *abgf* przez obrót tego (t. j. *abgf*) około boku jego *bg* w kierunku skazówki od zégarka. Bok *af* będzie się podczas tego obrotu coraz bardziéj od tła oddalał, aż zajmie nareszcie w głębi położenie *ch*. Równocześnie z kwadratem *abgf* obraca się i koło geometryczne weń wpisane, o którego narysowanie tak, jak się po dokonanym obrocie w kwadracie *bcgh* przedstawi, właśnie chodzi.

Postępuje się taksamo, jak przy wyznaczaniu perspektywy koła w kwadracie *abcd;* jeżeli bowiem kwadrat *abfg* zajął położenie *bcgh*, to przekątne jego przyszły do *gc, bh*, a środek o_1 do o_5. Wykreślone przez o_1 proste *12* i *34*, równoległe do

gb i *gf* przejdą w perspektywie przez punkt o_5; jedna z nich, t. j. $1_2 2_2$ będzie geometrycznie równoległą do *gb*, t. j. pionową, druga zaś $3_2 4$ perspektywicznie równoległą do *gh*, t. j. podąży do punktu *A*. Punkty 1_2, 2_2, 3_2, *4*, tak otrzymane odpowiadają punktom *1*, *2*, *3*, *4*, koła geometrycznego. Przez punkty owe przechodzi tedy koło perspektywiczne i przylega zarazem w nich stycznie do boków kwadratu. — Że punkt *4* perspektywicznego koła jest zarazem punktem koła geometrycznego, jest tu rzeczą konieczną a polega (jak w §. 123.a adnotacya) na tém, że punkt *4* jako położony na osi obrotu, nie może podczas obrotowania zmienić swego położenia.

Rozchodzi się jeszcze o punkty 5_2, 6_2, 7_2, 8_2 na przekątnych. Powstaną one podobnie, jak w kwadracie *abcd*, przez wykreślenie prostych *56* i *78* i przedłużenie ich do punktów *yy* na *bg*. Punkty te *y* podczas obrotu około *bg* pozostają na swych miejscach, proste zaś *56* i *78*, geometrycznie równoległe do *fg*, zajmą położenie yy_1A perspektywicznie równoległe do *gh*. Punkty przecięcia się ich z przekątnymi, t. j. punkty 5_2, 6_2, 7_2, 8_2, należą już do koła perspektywicznego. Dla otrzymania stycznych jego w punktach 5_2, 6_2 szukamy pierwéj punktu s_2 na prostéj *12*, w którym się styczne punktów *5* i *6* koła geometrycznego przetną. Prosta s_2w, równoległa do *gf*, przybiera po obrocie położenie *wA* i przecina średnicę $1_2 2_2$ w punkcie *j*, który w perspektywie punktowi s_2 odpowiada. Przez punkt *j* przechodzą linie w punktach 5_2, 6_2 styczne do koła perspektywicznego, a po przeniesieniu długości o_5j poniżéj na o_5j_1 powstaje j_1, jako punkt przecięcia się stycznych w 7_2 i 8_2.

Widać z tego, że konstrukcya służąca do wykreślenia perspektywy koła w kwadracie poziomym *abcd* doprowadza także do otrzymania téjże perspektywy w kwadracie pionowym *bcgh*. Dotyczące sposoby, już uproszczone, odpowiadające konstrukcyom §§. 125—127 podaje §. następujący.

§. 138. Sposób pierwszy. We fig. 147 jest *ab* pionowym, w zagłębieniu *p* położonym bokiem pionowego kwadratu. Mamy perspektywę jego wyrysować a późniéj wpisać weń perspektywiczne koło.

Wykr. Rysuje się *aA* i *bA* jako kierunki poziomych boków kwadratu. Dla $D/_3$ odcina się następnie na linii *pq*, położonéj na pł. podstawowéj, długość $pl = \frac{1}{3} \times ab$. Prosta $D/_3 l$ znaczy na *pA* punkt *x*. Odcinek *px* równa się perspektywicznie bokowi *ab*, przeto pionowa nad punktem *x* uzupełnia kwadrat *abcd*. Przekątne jego dają punkt *o*, a proste z niego wychodzące punkty *1*, *2*, *3*, *4*. Po narysowaniu nad bokiem *cd* geometrycznego półkwadratu *cdgh* i półkola *cfd* wykreślone przekątne *2g*, *2h* znaczą na kole punkty *5*, *6*. Wychodzące z nich poziome odcinają na *cd* punkty y_1, y_1, a poprowadzone stąd pro-

ste do *A* dadzą na przekątnych *bd*, *ac* punkty *5*, *6*, *7*, *8*, perspektywy koła

Styczna punktu *5* geometrycznego koła przecina prostą *cd* w punkcie *r*, linia *Ar* średnicę *34* w punkcie *s*. Przez połączenie go z punktami *5*, *7*, powstaną styczne w tych punktach do koła perspektywicznego. Podobnie otrzymać można s_1 i styczne w punktach *6* i *8*.

Uwaga. Linią *cd* można także było otrzymać bez odnoszenia się do prostéj *pq*, położonéj na pł. podstawy, a to przez wykreślenie pozioméj linii *at* i odcięcie na niéj téjsaméj długości, jak *pl*, t. j. przez odcięcie $ak = \frac{1}{3} \times ab$. Wprost z rysunku widać, że linia $D/_3k$ wyznaczy na prostéj *aA* punkt *d*, jako wierzchołek kwadratu *abcd*. W celu odcięcia danego wymiaru w kierunku zagłębienia nie potrzeba zatem koniecznie linii, jak *pq*, na pł. podstawowéj, ale można zadanie to rozwiązać i za pomocą innéj w dowolnéj wysokości położonéj, jak *ak*, byleby przy równém jak poprzedniéj zagłębieniu odcięto na téj ostatniéj tesame także wymiary.

Sposób drugi. Potrzebne do wykreślenia linij yy_1A punkty y_1 lub *y* można także bez pomocy geometrycznego koła otrzymać uzasadnionym w §. 126 sposobem. Uwidoczniono go konstrukcyjnie w fig. 137 obok kwadratu *bcgh* i według niego to powstała perspektywa koła we fig. 139_a. Wykreślenie to zastosowano także we fig. 147 do wyznaczenia punktów *y*,*y* na boku *ab* bez pomocy koła. Odcięto mianowicie $1i = \frac{1}{2} \times 1a$ i nadano linii *in* prostopadłéj do *1a* długość *1i*. Rozmiar *1n* przeniesiono cyrklem z punktu *1* do punktów *y*,*y* a idące z nich proste do *A* odznaczą na przekątnych punkty *5*, *6*, *7*, *8*.

Sposób trzeci. Jak już w §. 127 nadmieniono, poznajemy we fig. *rtp11,10,e9o* (fig. 137) umiarowy ośmiobok, którego boki z obwodem koła stykają się. Ośmiobokowi temu w kwadracie *bcgh* odpowiadająca figura, któréj boki są styczne do koła perspektywicznego w punktach $1_2, 2_2, 3_2, 4_2, 5_2, 6_2, 7_2, 8_2$, jest tedy perspektywicznym ośmiobokiem umiarowym. Co do punktów styczności $5_2, 6_2, 7_2, 8_2$ boków ukośnych widać, że leżą tam, gdzie się te boki z przekątnymi *gc*, *bh* kwadratu przetną. Według tego sposobu rysowano, również bez pomocy koła geometrycznego, fig 148. Po wykreśleniu bowiem, jak w fig. 147, perspektywicznego kwadratu *abcd*, jego przekątnych i punktów *1*, *2*, *3*, *4*, wpisujemy sposobem znanym w ten kwadrat ośmiobok umiarowy. ($2f \perp cd$, $2f = 2d$, $df = dg$, $cf = ch$). Punkty *g* i *h* są już wierzchołkami ośmioboku, z których otrzymujemy resztę. W punktach przecięcia się ukośnych boków *gl*, *mn*, *pq*, *hr* ośmioboku z przekątnymi kwadratu leżą punkty *7*, *5*. *6*, *8* perspektywy koła, które teraz przez punkty *1*, *2*... *7*, *8*, przechodzi i w nich do boków ośmioboku stycznie przylega.

W końcu nadmienia się, że wszystkie figury od 137—148 zmierzały wyłącznie do wyłożenia sposobów wykreślania perspektywy koła. Momentów artystycznych nie uwzględniano, o artystycznéj wartości nie ma zatem mowy.

XV.

Zastosowania praktyczne.

§. 139. Drzwi o dwu skrzydłach w jakiémkolwiek położeniu podczas otwarcia. Dotyczący otwór drzwiowy widać w *abnmrtcd* (fig. 149).

Wykr. Spostrzegamy, że podczas obracania się skrzydła około zawiasów w *ad* każdy punkt pionowéj jego krawędzi *fg* a więc i tejże obydwa punkty końcowe *g* i *f* opiszą koła, tamten w powietrzu, ten zaś na posadzce. Koła te mają środki w punktach *d* i *a*, a promienie ich $do_1=ao$ (przy drzwiach dwuskrzydłowych) równają się połowie szerokości otworu drzwiowego. Rysujemy przeto na posadzce koło *ofyp*, a w górze p_1zo_1 sposobem znanym *). Jakakolwiek tedy prosta z *a* aż do obwodu koła *fyp* wykreślona daje kierunek i długość dolnéj krawędzi skrzydła, jak np. *af*. Pionowa *fg* aż do punktu *g* koła górnego przedstawia pionową, linia *dg* zaś górną krawędź skrzydła w tém położeniu. Że *af* i *dg* w jakimś punkcie linii *HH* przeciąć się muszą (jak tu w *L* w pobliżu lewego brzegu tablicy), rozumie się samo przez się. (Dla czego?)

Chcąc otrzymać drugie skrzydło w położeniu dowolném. narysujemy znowu dwa koła przy *oq* i o_1q_1, potem z punktu *b* dowolną prostą *bl*, pionową *lh* i linią *ch*. Proste *bl* i *ch* przedłużone przecięłyby się znowu na horyzoncie.

§. 140. *Przykład praktyczny wykazujący koła w rozmaitych położeniach.* Ogólny opis. Figura 150 przedstawia przestrzeń z trzech stron zamkniętą (wnętrze sklepu lub coś podobnego). Widać tu: a) Na posadzce otwór w kształcie koła, dajmy na to małéj cysterny; b) w ścianie pionowéj z prawéj strony sklepione w murze framugi, z których jedna całkiem, druga częściowo tylko w obrębie obrazu mieści się; c) w głębi podobną framugę zajmującą sam środek ściany; d) obok lewéj ściany bocznéj zwykłe koło sprychowe ustawione pionowo.

Jest to pierwsze zawilsze nieco praktyczne zastosowanie konstrukcyi kół — rozpatrzymy więc każdą z tych części rysunku z osobna szczegółowo.

Punkt *A* mieści się na środku obrazu, na horyzoncie uwidoczniono punkt $D/_4$.

---

*) $ap=ao$. *op* jest jedną średnicą. Dla $D/_6$ jest $ax=\frac{1}{6}\times ap$, *ay* zaś połową drugiéj średnicy koła na posadzce. Pionowo nad *y* leży *z* na linii *Ard*, przeto jest o_1p_1 jedną średnicą a *dz* połową drugiéj dla koła górnego.

§. 141. Otwór cysterny. Kwadrat *abcd* leży nad płaszczyzną podstawy w wysokości, którą w zagłębieniu *f* odcinek *bf* przedstawia. Płaszczyzna tego kwadratu ma być wierzchną płaszczyzną wystającego po nad posadzkę okrągłego brzegu cysterny. Jest on wyłożony kamieniami.

Wykr. Rysuje się w kwadracie *abcd* perspektywiczne koło jednym z wiadomych sposobów. *) Następnie drugie z niém spółśrodkowe mniejsze. Stanowi ono brzeg wewnętrzny otworu cysterny **), na który składa się szesnaście kamieni, wszystkie równéj wielkości. Dzieląc sposobem §fu 135 (fig. 145) perspektywiczne koło większe na szesnaście równych części, uzyskuje się na niém punkty *1, 2.. 15, 16*. Krawędzie na górnéj płaszczyźnie pozioméj, wzdłuż których kamienie się stykają, dążą oczywiście do perspektywicznego środka koła, uwidocznionego kołeczkiem.***)

Gdyby się teraz rozchodziło o widomą dla oka część pionowéj powierzchni zewnętrznego walca, sięgającą od górnéj płaszczyzny do posadzki, możnaby w kwadracie o *bf* niżéj położonym znowu koło narysować, z któregoby połowę tylko widać było. Dogodniéj jednak w tym wypadku jest od punktów *1, 3, 5, 7, 9, 11, 13* w dół odciąć perspektywicznie wysokość *bf* górnego brzegu nad posadzką. W tym celu rysuje się przez *f* poziomą aż do f_1 na linii *Ax*, która jest krawędzią posadzki na ścianie bocznéj, i odcina $b_1f_1=bf$. Prosta b_1A służy do wyznaczania wysokości b_1f_1 w dowolném zagłębieniu. Pionowa z punktu *7* w dół znaczy na prostéj f_1fp_1 punkt *7'*, należący oczywiście już do dolnego koła. Wykreślona z punktu *11* pozioma przechodzi zarazem przez punkt *3* i przecina Ab_1 w 11_1. Pionowa z 11_1 w dół aż do Af_1 a stąd pozioma daje pod *11* punkt *11'* a pod *3* punkt *3'* jako dalsze punkty koła na posadzce. Podobnie postępuje się i z innymi punktami brzegu. Rysunek uwidocznia jeszcze konstrukcyą dla punktu *i*, który leży na stanowiącéj zarazem kontur brzegu pionowéj stycznéj *ii'* koła.

Jeżeli pionowa *gg'* w zagłębieniu *g* przedstawia grubość kamieni w brzegu cysterny, to otrzymujemy dalsze punkty koła przez *g'* przechodzącego podobnie jak przedtem: Kreśli się z *g* poziomą aż do g_1 na Ab_1 i z *g'* poziomą aż do g'_1 pionowo pod g_1 położonego. Linie Ag'_1 i Ab_1 zawierają między sobą wysokość *gg'* dla różnych zagłębień (p. fig. 59). Rysując teraz prostą *lh* do h_1 (na Ab_1), w h_1 pionową w dół aż do Ag'_1 a stąd poziomą, to uzyskamy punkty *l'* i *h'* (pionowo pod *l* i *h*) jako należące do szukanego koła itd.

*) Uwidoczniono geometryczną ćwiartkę jego *dIIIIIIIV* nad bokiem *cd*.

**) Również ćwiartkę jego nad *cd* widać.

***) Jak się przekonać o należytém położeniu tego środka?

Przenosząc długości *ll'*, *gg'*, *hh'* cyrklem na *l'n*, *g'k*, *h'r*, uzyskujemy punkty *n,k,r*. Są to punkty koła o podwójną wysokość linii *gg'* położonego pod kołem wierzchnego brzegu. Gdyby się jednak mur walcowéj ściany cysterny poniżéj kamieni górnych składał z kamieni o połowę cieńszych, to należałoby tylko między kołami *l'g'h'* i *nkr* koło jeszcze trzecie (od oka) narysować, któreby ich odległość połowiło.

§. 142. Framugi w ścianie z prawéj strony. Punkt *U* pionowéj *tU* jest początkiem pozioméj średnicy sklepionego łuku, którego rozpiętość równać się ma średnicy koła poziomego w kwadracie *abcd*.

Wykr. Wznosimy nasamprzód pionową w punkcie f_1 i przedłużamy *AU* do *o*. Odcinając na pionowéj długość $op = 7b = \frac{1}{2} \times ab$ otrzymamy w *op* wymiar pionowego promienia łuku a to w głębokości f_1. Prosta *Ap* mieści przeto na sobie najwyższe punkty łuków.*) Odcinek *Ux* jest długością promienia pionowego w głębokości krawędzi *tU*. Otóż mając teraz podwójny wymiar ten, t. j. średnicę koła $2 \times Ux$ odciąć z *U* do *d* (lub z *x* do *c*) w kierunku głębokości, rysujemy poziomą *xy* i odcinamy na niéj (dla $D/_4$) czwartą część całéj średnicy, t. j. $xy = \frac{1}{2} \times ux$. Prosta $D/_4y$ wyznaczy na *Ax* punkt *c*, pionowo pod nim leży *d* jako początek łuku Figura *dUxc* jest tedy półkwadratem, w który perspektywiczne półkole, t. j. łuk sklepiony wpisuje się. Geometryczną ćwiartkę jego widać obok linii *cd*. (Jest to wypadek, do którego dałaby się fig. 147 lub 148 sprowadzić, gdyby miano tam narysować tylko górną połowę *15372* perspektywicznego koła).

Jeżeli szerokość filaru *ts* (na pł. podstawy) między pierwszym a drugim łukiem równa się połowie rozpiętości łuku, to wypadnie krawędź *sv* pionowo pod punktem *h*. Punkt ten *h* otrzymujemy zaś w sposób następujący: W wierzchołku *x* półkwadratu *cdUx* rysuje się poziomą i odcina na niéj długość $xl = \frac{1}{2} \times xy$ Tak powstaje punkt *l*. Prosta $D/_4l$ odcina na *Acx* punkt *h*. Długość *xh* równa się połowie długości *xc*, jest więc pionowo pod *h* leżąca prosta *sv* krawędzią filaru o żądanéj powyżéj szerokości a punkt *v* początkiem drugiego łuku.**) Najwyższy punkt jego *k* otrzyma się na linii *Acx* przez perspektywiczne na niéj odcięcie (z *h* wychodząc) długości *cg* albo dg_1. Zadanie to rozwiążemy według §^fu 71 fig. 84. Kreślimy mianowicie linią łączącą punkt *z* (środek prostokąta g_1ghv, odpowiadający punktowi *o* fig. 84) z punktem *d*; ona odcina na *Acx* punkt *k*, pionowo pod nim na *Adv* leży środek *10* drugiego łuku, który częścią tylko na tle występuje.

*) Jak we fig. 147 i 148 długości *1a* są promieniami pionowymi łuków kołowych, a na prostych *aA* leżą najwyższe punkty łuków, t. j. punkty *3*.

**) Co do odcięcia długości *xh* za pomocą prostéj *xl*, patrz §. 138 Uwaga.

Grubość sklepienia wynosi ćwierć szerokości *Uv* lub *ts* filaru, dzielimy przeto odcinek *xl* geometrycznie na cztery równe części, a łącząc otrzymane punkty *1* i *2* z punktem $D/_4$ uzyskujemy na *xh* punkty *1'*, *2'*. Pionowo pod nimi leżą punkty 1_1, 2_1 jako należące do większych łuków sklepienia. Odciąwszy daléj na *xy* długość *ry*=*x1* kreślimy $rD/_4$, przez co na *Ax* powstanie punkt *n*. Pionowo pod nim znajduje się punkt n_1 jako początek większego łuku sklepienia pierwszego. Ponieważ *x1* jest (dla $D/_4$) czwartą częścią grubości sklepienia w głębokości *x*, to odcinek na *xU* równający się długości *xm*=*xl*=4×*x1* wyznaczy punkt *m*. Linia *mA* odcina zatem na pionowych g_1g i *10,k* najwyższe punkty *f* i m_1 łuków większych.*) Łuki te n_1fl_1 i 2_1m_1 dadzą się teraz jak poprzednie mniejsze wykreślić.

W głębokości *cd* narysowano i dla tych łuków ćwiartkę geometryczną, a to w celu otrzymania podziału *I*, *II*, *III*, *IV* na poszczególne kamienie sklepienia, których ma być w całém półkolu dziewięć, a więc w ćwiartce cztéry i pół. Dokonawszy podziału tego wykreślono linie poziome *IV4*, *III3*, $II2_1$, *I1* aż do linii *cd* a wyrysowane proste *A1*, *A2*, *A3*, *A4* przecinają oba łuki większe w punktach podziału perspektywicznego. (Ob. fig. 145, §. 135). Z punktów tych dążą linie proste do środkow g_1 i *10* łuków; są to, jak $1_11'$, $2_12'$, $3_13'$... proste, wzdłuż których się na ścianie poszczególne kamienie sklepienia stykają, (w budownictwie stosugi spojenia).

Jeżeli *d'e'* na pł. podstawy jest głębokością wcięcia framugi, a więc długością kamieni sklepiennych, to ukaże się jeszcze ściana pionowa, któréj krawędź na posadzce widać w $Ae'i_1j_1$. Na ścianie téj występuje część koła poczynającego się w punkcie *e*, który leży na pozioméj *de* pionowo nad punktem *e'*. Do jego wykreślenia najlepiéj odcinać perspektywicznie długość *de* na poziomych z poszczególnych punktów *1'*, *2'*, *3'*... a to za pomocą prostéj $Ae'j_1$ leżącéj na pł. podstawy.**) Tak np. dla punktu *2'* rysuje się pionową z niego aż do *i* na linii *Ad't*, następnie poziomą ii_1 a z i_1 pionową aż do punktu *i'*, położonego na pozioméj z *2'*. Punkt *i'* jest punktem koła, o które chodziło. W podobny sposób szukamy takich punktów więcéj.

§. 143. Framuga w głębi. Przyjmuje się ją w téj samej szerokości i wysokości co framuga ściany bocznéj, wcięcie zaś jéj w mur jest dwa razy tak głębokie. Nadto leży ona w samym środku ściany, a środek jéj sklepienia równie wysoko jak środki łuków poprzednich.

*) Zdać sobie sprawę, dla czego *fg* równa się perspektywicznie wymiarom n_1d i $U1_1$, jeżeli *xl*=*xm*=4×*x1*.

**) gdyż między nią a prostą *Ad't* odcinają się perspektywicznie równe szerokości w rozmaitych zagłębieniach.

Wykr. Ostatniemu warunkowi stało się zadość przez przedłużenie aż do *w* (na krawędzi *xX*) linii prostéj *Ad10*, na któréj środki poprzednich łuków mieszczą się. Na poziomej z *w* leży środek *o* pierwszego łuku sklepienia, a że framuga zajmuje środek ściany, to *o* leży pionowo pod (połowiącym odstęp *XY*) punktem *O*. Na pionowéj *Oo* leżą zarazem najwyższe punkty łuków, a że rozpiętość ich równa się rozpiętości łuków na ścianie bocznéj, to znajdują się punkty *s*, *s'* na poziomych wykreślonych z punktów *9* i *11*, w których proste *Af* i *Ag* pionową *xX* przetną. Łuki te w perspektywie wypadną kołami (dla czego?) Zataczamy tedy z punktu *o* promieniami *os* i os_1 półkola i kreślimy z punktów *p* i *q* mniejszego z nich linie pionowe aż do *p'* i *q'* krawędzi dolnéj; następnie dzielimy je na dziewięć części i rysujemy z punktów *1*, *2*, *3*... proste do *o*. Są one stosugami spojenia poszczególnych kamieni.

Ponieważ framuga dwa razy tyle w mur jest wciętą co poprzednie, należy wymiar *d'e'* na linii *Aq'* od *q'* zacząwszy dwa razy w głąb odciąć. W tym celu zagłębiono szerokość *d'e'* do *xy* i odcięto na poziomej *q'p'* długość $q'r' = \frac{1}{2} \times xy$ jako (dla $D/_4$) czwartą część wymiaru zagłębienia $2 \times xy$. Prosta $D/_4r'$ wyznacza punkt *r*. Figura $p'q'rr_1$, pionowe z r_1 i *r* i proste *Ap*, *Aq* dają framugę aż pod sklepienie. Według rysunku szuka się teraz punktu o_2 jako środka koła na zagłębionéj ścianie framugi (*o'* pod *o*, o'_2 na rr_1 i *Ao'*, o_2 na *Ao* pionowo nad o_2'), którego promieniem jest o_2r_2. Po wykreśleniu tego koła uzupełniono rysunek stosugami sklepienia $1'1_1$, $2'2_1$, $3'3_1$... zmierzającymi do *A*.

§ 144. Koło sprychowe obok ściany lewéj. W pionowy kwadrat *abcd* wpisano koło sposobem znanym; w niém umieszczono mniejsze spółśrodkowe a w tém trzecie najmniejsze, przez punkty *rrvv*, t. j. koło, z którego wychodzą sprychy. Połówki tych kół widać geometrycznie przy boku *bc*. Na kwadracie przesuniętym o szerokość *de=fa* (t. j. grubość bryły koła) w kierunku ku lewéj ścianie, wykreślono widomą dla oka część konturu kołowego z téj strony. Otrzymuje się ją albo rysując to koło wprost, jak poprzednie, albo też za pomocą skali szerokości zawartéj między liniami *Acd* i *Ae*. Podobnie uzyskano już przy ścianie prawéj łuk *ei'*.. z łuku *d2'g* za pośrednictwem prostych *Ad't* i *Ae'j*. Szerokość d_1e_1 na prostokącie *edaf* równa się oczywiście geometrycznie szerokości *de*.

Sprychy, o których wykreślenie teraz rozchodzi się, przylegają do obu kół mniejszych, jak na rysunku widać. Jest ich dwanaście. Dzielimy przeto geometryczne półkole środkowe w punktach *k*, *I*, *II*, *III*, *IV*, *V*, *l*, na sześć równych części, podobnie i koło małe w punktach nie znakowanych wcale. Jeżeli sprychy, jak je w rysunku geometrycznym przedsta-

wiono, posiadają grubość $23=45=67=...$, to wypada już tylko rysunek ten geometryczny wyrazić w perspektywie.

Wykreślamy w tym celu z punktów *2, 3... 10, 11* poziome aż do *bc*, na którój powstaną punkty 2_1, 3_1, ... 10_1, 11_1. Linie łączące je z *A* wyznaczają na perspektywicznóm kole środkowém punkty *2,2, 3,3, ... 10,10, 11,11* (według fig. 145). Podobnie postępuje się z punktami *b,c,d,e*, koła małego. Dla otrzymania punktów *1,1, 12,12* na kole średniém, oraz punktów odpowiadających punktom *a* i *f* koła małego, nie można tego samego sposobu użyć, gdyż proste z *A* przecięłyby koła te t a k n i e w y r a ź n i e, że punkty przecięcia wcale by się oznaczyć nie dały. Dochodzimy do nich tylko drogą pośrednią.

Na perspektywicznóm kole średniém otrzymamy punkt *12* (odpowiadający punktowi *12* koła geometrycznego), jeżeli się wynaleść na niém uda punkty mające od boków *ad* i *bc* kwadratu odległości perspektywiczne, któreby odpowiadały geometrycznéj odległości punktu *12* od linii hy_1, (t. j. odległości x_1y_1, jeżeli prosta $12x_1 \perp cy_1$). Warunku tego łatwo dopełnić. Linie Ax_1 i Ay_1 przedłużone odetną na pozioméj, mającéj głębokość boku *ad*, odcinek *xy*. Przedstawia on odległość punktu *12* od pionowéj hy_1, zmierzoną jednak w głębokości boku *ad*. W téj właśnie od boków *ad* i *bc* odległości *xy* mają punkty *12* koła średniego ukazać się. Odległości te odcinamy perspektywicznie w kierunku zagłębienia, przenosząc (dla $D/_4$) ćwierć długości *xy* t. j. wymiar $yx/_4$ z punktu *d* do *z*, a z punktu *g* do *v*. Proste $D/_4z$ i $D/_4v$ wyznaczają na *Acd* punkty *z'* i *v'*. Jeden z nich, punkt *z'*, oddalony jest o długość *xy* od *d*, drugi zaś o ten sam wymiar od *c*. Ma przeto pionowa punktu *z'* tę samę odległość od prostéj *ad*. co pionowa punktu *v'* od boku *bc*. Punkty szukane. t. j. *12,12* u dołu a *1,1* u góry znajdują się tedy tam, gdzie się owe pionowe z kołem średniém przecinają. Równocześnie otrzymamy na małém kole perspektywicznóm punkty odpowiadające punktom *a* i *f* koła geometrycznego. Punkty w perspektywie *1,1, 2,2...* z odpowiednimi punktami małego koła perspektywicznego połączone, dają szerokości sprych w płaszczyźnie kwadratu. Wypada jeszcze wyznaczyć ich grubość.

Przyjąwszy, że równa się ona w wypadku tym grubości d_1e_1 koła, kreśli się poziomą *rs* na kole małém, z *r* pionową w dół aż do *r'* w linii *Acd*, daléj poziomą *r's'* jako grubość koła w tém miejscu. Pionowo nad *s'* znajdują się punkty *s,s* Podobnie daje pionowa *58* punkt *8'*, z którego wychodzi pozioma *8'u'*. Pionowo nad *u'* leżą punkty *u, u*. Proste *su, su* są konturami sprych i grubość ich wyznaczają. Z punktów *3, 10* dochodzi się w podobny sposób do punktów *t, t*. Linią *sA* i poziomą z *6* wyznaczono w ostatku punkt *6'* jako należący do widoméj dla oka części zarysu koła średniego z drugiéj strony.

Uwaga. Założenie figur 149 i 150 odpowiada także i warunkom artystycznym (§. 85). W obu punkt *A* znajduje się we środku obrazu. Dla fig. 149, któréj rozmiary są drobne, wyznacza umieszczony na horyzoncie w obrębie obrazu punkt $D/_6$ długość odstępu oka równą przeszło 21 *cm*, co tu wystarcza. Dla fig. 150, w któréj szerokość obrazu wynosi przeszło 18 *cm*, byłaby najmniejsza odległość oka, t. j. 24 *cm* może cokolwiek zaszczupłą; umieszczony jednak na horyzoncie punkt $D/_4$ wskazuje, że istotny wymiar odstępu oka dla téj figury wynosi około 29 *cm*, a więc nieco więcéj niż półtorakrotną szerokość obrazu, która tu jest większą od wysokości.

XVI.

Sklepienia.

Perspektywa kół i częściowe zastosowanie ich praktyczne do kreśleń łuków sklepionych przygotowało sprawę, któréj rozpatrzeniem rozdział ten ma się zająć, t. j. sprawę przedstawienia właściwych sklepień.

A) Sklepienia obłe (beczułkowe).

§. 145 Sklepienie obłe okrągłe jakoteż gotyckie. Fig. 151 przedstawia ścianę pionową równoległą do tła o dwóch otworach sklepiennych. Sklepienia (obłymi — w praktyce budowniczéj beczułkowymi lub beczułkami zwane) sięgają w głąb; jedno jest okrągłe, drugie ostrołukowe czyli gotyckie. Formy kołowe przedstawiają się i w rysunku perspektywicznym jako takie.

Jeżeli prostokąt *abcd*, zakończony u góry półkolem *afb* o środku o_1, przedstawia otwór pierwszego sklepienia, sięgającego w głąb, to rysuje się proste *Ac*, *Ad*, *Aa*, *Ab* jakoteż Ao_1 i wyznacza na linii *cA* głębokość całego sklepienia. Odcięta w tym celu na *cd* długość *cn* jest miarą szóstéj części (dla $D/_6$) całéj głębokości, a linia $D/_6n$ da szukany w zagłębieniu punkt *g* tam, gdzie właśnie sklepienie się kończy. Z punktu *g* rysuje się poziomą *gh*; z punktów *g* i *h* pionowe w górę aż do *k* i *l* w *Aa* i *Ab*. Linia *kl* jest średnicą łuku w głębi a punkt o_2, jako przecięcie się prostych *kl* i Ao_1, jego środkiem, z którego promieniem o_2k zatacza się łuk sklepienie zakończający.*)

Gdyby *o'f* równało się $3 \times cn$, to byłoby sklepienie w kierunku głębokości dwa razy tak długie jak wymiar linii *o'f* czyli perspektywiczny odcinek *cg* wynosiłby w rzeczywistości dwa razy tyle, co długość *o'f*. Dla czego?

*) Do punktu o_2 można także dojść, znacząc *o'* pod o_1, *o'o''* do *A* i pionową z *o''* do o_2 w *kl*.

Dla sklepienia gotyckiego dany jest prostokąt *mprs* zamknięty u góry dwoma łukami ostro w punkcie *t**) przecinającymi się. Na *pm* leżą środki o_1, o_2 obu łuków. Łuk *pt* zatoczono z o_1, łuk *mt* z o_2. Po wykreśleniu linij *As*, *Ar*, *Am*, *Ap*, Ao_1, Ao_2 przyjmuje się w témsamém co poprzód zagłębieniu prostą *vu* i rysuje prostokąt *vuxy*. Na *xy* leżą środki o_3 i o_4 łuków w głębi, z których jeden (*yw*), ze środka o_4, drugi (*xw*) z o_3 zataczamy. Oba łuki przeciąć się muszą w punkcie *w* położonym pionowo nad o_2 tak, aby prosta *tw* dążyła do *A*.

§. 146. Sklepienie obłe okrągłe z podłęczami. We fig. 152 widać korytarz zasklepiony okrągło. Sklepienie rozpoczyna się w ścianie pionowéj *hkHK*, nie jest jednakowoż gładkiém w całéj długości aż do głębi w *zi*, lecz poprzedzielane łukami poniżéj podniebienia **) beczułki wystającymi, a więc rodzajem pasów murowanych, które zowią podłęczami (gurtami).***)

Fig. 152_a (znakowana jak spód fig. 152 na pł. podstawowéj) daje geometryczne wymiary sklepień i podłęczy. Kierunek *ab* jest w rysunku perspektywicznym kierunkiem szerokości, *anv* lub *cpz* zaś zagłębienia. Wymiar *ab* przedstawia rozpiętość sklepienia; $ah=bk$ zagłębienie pierwszego podłęcza po za płaszczyzną pionową *abAB*, $hc=dk$ grubość jego czyli wymiar, o ile się ono pod podniebienie sklepienia zniża, $cf=dg$ szerokość podłęcza w kierunku zagłębienia. Następujący teraz kwadrat *lmno* jest to część zasklepiona między dwoma podłęczami; po niéj idą z kolei podłęcze i znowu kwadrat. Ostatnie podłęcze *xzyi* przypiera już do ściany pionowéj *zi* zamykającéj korytarz w głębi. Rysunek perspektywiczny fig. 152 wykonano w rozmiarach trzy razy tak wielkich jak wymiary fig. 152_a, a zamiast dwóch kwadratów w głąb umieszczono trzy.

Wykr. Od punktu *o*, pionowo pod *A* na dolnéj ramie obrazu (*PP*) położonego, odcięto w prawo i lewo półtorakrotną długość *ab* (z 152_a). Otrzymano punkty *I*, *II* tak, że wymiar *I II* równający się $3 \times ab$ przedstawia rzeczywistą szerokość (bo na *PP*) korytarza, która jest także rozpiętością sklepienia. Po wykreśleniu prostych *AI* i *AII* narysowano poziomą *ab* w dowolnie przyjętéj a nie wielkiéj głębokości. Linia ta odpowiada znakowanemu równie wymiarowi fig. 152_a. Od punktu jéj *a*

---

*) Punkt *t* wypadnie pionowo nad punktem *o'* połowiącym długość *rs*.

**) Jestto dolna powierzchnia sklepienia obłego.

***) Podłęczy takich używa się albo ze względów estetycznych dla urozmaicenia w korytarzach bardzo długich, któreby przy gładkiém zasklepieniu wywierały wrażenie zbyt nużące, albo dla wzmocnienia sklepień samych, a więc ze względów konstrukcyjno-budowniczych.

w głąb idąc, wypada teraz nasamprzód odciąć perspektywicznie wymiar *ah* (z 152_a) t. j. zagłębienie pierwszego podłęcza. Rysuje się w tym celu $D/_6a$ aż do $1'$ na *PP* i przenosi tu od punktu $1'$ wychodząc szóstą część (dla $D/_6$) zagłębić się mającéj długości. Wynosi ona $3 \times ah$ (z 152_a), szósta część jéj jest tedy $\frac{1}{2} \times ah$. Znaczymy przeto na *PP* długość $1'2' = \frac{1}{2} \times ah$. Prosta $D/_6 2'$ odcina na *Aa* punkt *h*, oznaczający zagłębienie pierwszego podłęcza, a linia *hk//PP* po drugiéj stronie punkt *k*.

Z porządku najstosowniéj szukać perspektywicznéj g r u b o ś c i *hc* pierwszego podłęcza. Posługując się i tu punktem $D/_6$ odcinamy na *PP* długość $2'3' = 3 \times hc$ (z 152_a). Prosta $D/_6 3'$ znaczy na *hk* punkt *c*. Odcinek *bc* przenosi się cyrklem do *kd* (§. 42) a proste *Ac* i *Ad* wyznaczają szerokość występujących ze ścian filarów, na których podłęcza spoczywają, podczas gdy w prostych *Aa* i *Ab* widać dolne krawędzie ścian samych. Na prostéj *cA* należy teraz w głąb odcinać na przemian wymiary podłęczy i kwadratów między nimi (t. j. wymiary *cf* i *fp* z fig. 152_a). Odcinamy przeto na *PP* długość $3'4' = \frac{1}{2} \times cf$, póżniéj $4'5' = \frac{1}{2} \times fp$, $5'6' = 3'4' = \frac{1}{2} \times cf$... itd. aż do punktów $7'$, $8'$, $9'$, $10'$, gdyż ma być kwadratów trzy. Linie łączące $4'$, $5'$ ... $9'$, $10'$ z $D/_6$ odcinają na *cA* punkty *f*, *p*, *r*... *x*, *z*, odpowiadające znakowanym takſsamo punktom fig. 152_a. Poziome z tych punktów wyznaczają między prostymi *Aa*, *Ac*, *Ab*, *Ad* linie *fl*, *np*... *gm*, *qo*... jako dolne krawędzie filaru na pł. podstawowéj.

Jeżeli w wysokości c_1d_1 (pionowo nad *cd*) ma się sklepienie rozpocząć, to rysuje się nad c_1d_1 jako średnicą, łuk pierwszego podłęcza w kształcie półkola o środku o_1 a promieniu $o_1c_1 = o_1d_1$. Po wykreśleniu prostych Ac_1 i Ad_1 i pionowych z punktów *f*, *p*, *r*... *x*, *z*, jakoteż z *g*, *q*, *s*... *y*, *i*, uzyskuje się na Ac_1 punkty f_1, p_1 ... x_1, z_1 — na Ad_1 zaś g_1, q_1... y_1, i_1 jako punkty początkowe łuków, występujących na podłęczach głębiéj położonych. Poziome z f_1, p_1, .. x_1, z_1 przecinają prostą Ao_1 w punktach o_2, o_3, ... o_7, o_8, prostą Ad_1 zaś w otrzymanych już g_1, q_1, ... y_1, i_1. Punkty o_2 ... o_8 są środkami, a odległości $o_2f_1 = o_2g_1$, $o_3p_1 = o_3q_1$ ... $o_8z_1 = o_8i_1$ promieniami dla łuków kołowych dalszych podłęczy, które łatwo wykreślić.

Gdyby wysokość linii c_1d_1 nad *cd* była bardzo znaczną, tak że łatwo w rysunku pionowych ff_1, ... zz_1, gg_1 ... ii_1 zachodzące niedokładności wierność konstrukcyi zwichnąćby mogły, to lepiéj jest przenieść powtórzoną w zagłębieniu *cd* podziałkę *4*, *5*, ... *9*, *10* (pierwotnie na *PP* odciętą) cyrklem na c_1d_1 w punktach *4*, *5* ... *9*, *10*. Proste z tych punktów do $D/_6$ dążące odcinają teraz na c_1A z w s z e l k ą d o k ł a d n o ś c i ą punkty f_1, p_1, ... x_1, z_1, które za pomocą poziomych do g_1, q_1... y_1, i_1 na Ad_1 przenieść można. Z nich kreśliłoby się linie do *f*, *p*, ... *g*, *q*... na dół, które wypadną oczywiście pionowo.

Rozchodzi się jeszcze o uwidocznienie grubości, o którą podłęcza z podniebienia sklepień wystają. Wznosi się w tym celu pionowe nn_1 i oo_1 aż do pozioméj p_1q_1 i kreśli promieniem $o_3n_1=o_3o_1$ półkole. Podobnie dla łuków dalszych. Zauważa się jeszcze, że łuki te przednimi filarami w dolnych swych kończynach mogą być częściowo zakryte, jak to na łuku ostatnim w rzeczy saméj widać.

Jeżeli sklepiony łuk podłęcza składa się z 9[ciu] kamieni, jak na rysunku przyjęto, to dzieli się półkole nad n_1o_1 na dziewięć części i rysuje z otrzymanych punktów *I*, *II*, *III*... proste do jego środka o_3. Są to stosugi spojenia kamieni sklepiennych czyli zworników. Chcąc je w innych łukach powtórzyć, nie dzieli się każdego z nich z osobna, lecz używa sposobu następującego: Z punktów *1*, *2*, *3*... położonych na łuku o średnicy p_1q_1, a otrzymanych przez wykreślenie linij Io_3, IIo_3... rysuje się proste do *A* i znaczy odcinki na podniebieniach dalszych podłęczy. Z otrzymanych punktów *1*, *2*, *3*... kreśli się znowu linie do odpowiednich środków o_5, o_7... przez co na tamtych podłęczach uzyskuje się stosugi spojenia *1I*, *2II*, *3III*... Wszystkie punkty *I,I*..., *II,II*..., *III,III*..., leżą na prostych zmierzających do *A*, jak to we fig. 152 widać. Proste te przedstawiają linie zetknięcia się poszczególnych warstw kamieni na podniebieniu sklepienia i zowią się stosugami łożyskowymi.

Uwaga. Ponieważ od punktu *o* na *PP* odcięto na obie strony jednakowe długości do *oI* i *oII*, (z *I* i *II* wychodzą proste *Aa* i *Ab*), to z tego wypadła zupełna symetrya rysunku około pionu przez punkt *A* przechodzącego.

§ 147. **Sklepienie obłe gotyckie z podłęczami.** Figura 153 różni się tylko tém od poprzedniéj, że łuki są ostre i że nie ma symetryi około punktu *A*, jakkolwiek leży on w środku obrazu.

Wykr. Na linii poziomej narysowanéj we większém niż w fig. 152 zagłębieniu dla niesymetryczności rysunku nie widać już teraz punktu *a*, lecz tylko punkt *b*. Od niego odcięto w głąb za pomocą punktu $D/_6$ tęsamę skalę co poprzód, a to na podstawie trzykrotnie powiększonych wymiarów fig. 153[a] i otrzymano zupełnie jak przedtem na liniach Ac_1, Ad_1 punkty wyjścia łuków. Środkiem łuku z c_1 idącego jest o_1', o_1 zaś łuku z d_1. Na liniach o_1A, $o_1'A$ leżą dalsze środki o_2, o_3... o_2', o_3'... łuków, których wykreślenie wobec szczegółowego wyjaśnienia figury poprzedniéj żadnéj już trudności nie nastręcza.

Co się tyczy poszczególnych kamieni, to przy rysunku ich pamiętać tylko wypada, że stosugi spojenia w każdym łuku muszą dążyć do jego środka, stosugi łożyskowe zaś wszystkie do *A*. Co do punktów, w których się łuki przecinają, jak *a*, *a'*, a_1..., to wszystkie odcinki, mieszczące punkty owe na sobie, jak $a'a_1$, $b'b_1$, $c'c_1$ leżą na téjsaméj prostéj bieżącéj do *A*. I pro-

sta *abc*, jakkolwiek jest inną od poprzedniéj, zmierza do *A*; punkty *a'*, *b'*, *c'* leżą pionowo pod *a*, *b*, *c*.

Pyt. Czy figury 151, 152, 153 posiadają w myśl §fu 85 wartość artystyczną?

B) Sklepienia krzyżowe.

§. 148. Rozpatrywanie ich zasady. Fig. 154 jest rysunkiem sklepienia krzyżowego w tak zwanéj perspektywie równoległéj, a to dla łatwiejszego zrozumienia przedewszystkiém zasady. Czworobok *a'b'c'd'* jest kwadratem. Nad nim wznosi się bryła równoległościenna *a'b'c'd'ABCD*. Nad bokami *b'c'*, *a'd'*, *c'd'*, *a'b'*, jako średnicami, widać koła $b's_1c'$, $a's_2d'$, $c's_3d'$, $a's_4b'$. Środki ich są o_1, o_2, o_3, o_4. Jeżeli sobie przedstawimy sklepienie obłe sięgające od koła $b's_1c'$ do $a's_2d'$, jakoteż jednocześnie takiéjsaméj wielkości sklepienie między kołami $c's_3d'$ i $b's_4a'$, to dwa te prostopadle do siebie bieżące sklepienia utworzą w przedłużeniu krzyż, — skąd nazwa — i przetną się w liniach krzywych *a'sc'* i *b'sd'*. Linie te są w rzeczywistości elipsami; jedna z nich leży w płaszczyźnie pionowéj, przechodzącéj przez przekątną *a'c'*, druga w takiéjże płaszczyźnie przesuniętéj przez przekątną *b'd'*. Każda z tych obu krzywych, o których perspektywiczne wyznaczenie w rysunku właśnie się rozchodzi, leży przeto nad jedną przekątną. Nazywają je drutami sklepienia.

Jakże wyznaczyć we fig. 154 kilka punktów tych drutów?

Jeżeli przez najwyższe punkty s_1, s_2, s_3, s_4 wszystkich kół przesuniemy płaszczyznę, to przetnie ona bryłę całą w kwadracie *abcd*, przechodząc oczywiście przez najwyższe linie obu sklepień, t. j. przez proste s_1s_2 i s_3s_4. Proste te przetną się zatem w punkcie *s*, przez który oba druty przejść będą musiały. Ponieważ druty te leżą pionowo nad przekątnymi kwadratu *a'b'c'd'*, to wspólny im obom punkt *s* leży pionowo nad punktem *o*, w którym się przekątne przecinają. Że zaś przekątne *ac* i *bd* kwadratu *abcd* leżą także pionowo nad przekątnymi *a'c'*, *b'd'*, — punkt, w ktorym się *ac* i *bd* przecinają, musi być właśnie punktem *s*. O drutach można także powiedzieć, że leżą pionowo pod przekątnymi *ac* i *bd*

Dla wyszukania innych jeszcze punktów prowadzimy płaszczyznę inną równolegle do *abcd*, np. *xyz*. Linia *xy* równoległa do *bc* przetnie koło $b's_1c'$ w punktach $1_1, 1_1$. Z nich wychodzą proste $1_1 1_2$, $1_1 1_2$ równoległe do s_1s_2. Są to krawędzie przecięcia téj płaszczyzny *xyz* ze sklepieniem mającém kierunek s_1s_2. Linia *yz* równoległa do *ab* przetnie koło $b's_4a'$ w punktach $1_4, 1_4$ Z nich wychodzą proste $1_4 1_3$, $1_4 1_3$ równoległe do s_4s_3. Są to krawędzie przecięcia téjsaméj płaszczyzny *xyz* ze sklepieniem o kierunku s_4s_3. Cztery te na płaszczyźnie *xyz* położone proste przetną się w czterech punktach *I*, *I*, *I*, *I*, które

są punktami drutów, a że druty leżą pionowo pod przekątnymi *ac* i *bd*, to i punkty *I*, *I*, *I*, *I*, wypadną pionowo pod jakimiś punktami owych przekątnych.

Punkty te wyznaczamy sposobem następującym: Pionowo nad punktami 1_1,1_1 koła $b's_1c'$ leżą na boku *bc* punkty *1'*,*1'*. Proste z nich równolegle do s_1s_2 wykreślone znajdują się pionowo nad otrzymanymi poprzód liniami 1_11_2, 1_11_2. Punkty przeto *i*,*l* i *m*,*n* uzyskane teraz na przekątnych *ac* i *bd*, muszą leżeć pionowo nad punktami *I*, *I*, *I*, *I*. Pionowe z punktów *i*, *l*, *m*, *n*, spuszczone wyznaczają tedy na prostych 1_11_2, 1_11_2 punkty *I*.. *I*. Tak postępując nie potrzeba wyszukiwać punktów 1_4, 1_4 (na linii *yz*) i wychodzących z nich prostych 1_4 1_3.

Zamiast wyznaczać punkty przecięcia 1_1, 1_1 linii *xy* z kołem $b's_1c'$ można użyć punktów 1_4, 1_4 linii *yz* na kole $a's_4b'$. Z punktów 1_4, 1_4 wychodzą proste 1_41_3, 1_41_3 równolegle do *bc*. Pionowo nad 1_4, 1_4 na boku *ab* mieszczą się punkty $1_4'$, $1_4'$. Wychodzące z nich równoległe do s_4s_3 leżą oczywiście pionowo nad liniami 1_41_3, 1_41_3, a punkty *m*, *i*, *n*, *l*, powstałe na przekątnych *ac* i *bd* są tymi samymi punktami, które i poprzód otrzymano i pod którymi leżeć muszą punkty *I*, *I*, *I*, *I*. — Można przeto do punktów tych dojść z równą pewnością tak za pomocą linii *xy* i koła $b's_1c'$ jak i linii *yz* i koła $a's_4b'$. W danym wypadku szukamy ich oczywiście tylko raz i to za pomocą dogodniejszego dla konstrukcyi koła.

Gdyby dla ułatwienia rysunku lepiéj było użyć boków i przekątnych dolnego kwadratu, to rysuje się z punktów 1_1, 1_1 na *xy* pionowe w doł aż do *1"*, *1"* na boku *b'c'*. Wykreślone stąd do *a'b'* równoległe wyznaczą na przekątnych punkty *m'*, *n'*, *i'*, *l'*, które leżą pionowo pod *m*, *n*, *i*, *l*. Nad nimi na prostych 1_11_2, 1_11_2, równoległych do s_1s_2, mieszczą się wtedy tesame punkty *I*...*I*. — Do tegosamego wyniku doprowadzą pionowe z punktów 1_4, 1_4 aż do boku *a'b'*.

Wyznaczanie dalszych punktów na drutach nie wymaga innego postępowania. I tak kreśli się w dowolnéj wysokości *22* równoległą do *bc*. Z punktów *2*. *2* na kole $a's_1c'$ linie równoległe do s_1s_2, jakoteż pionowe do *2'*, *2'* na *bc* (albo do *2"*, *2"* na *b'c'*). Proste z *2'*, *2'* (lub *2"*, *2"*), równoległe do s_1s_2 przetną przekątne górne w punktach *h*, *k*, *f*, *g* (dolne w *h'*, *k'*, *f'*, *g'*). Pionowo pod *h*, *k*, *f*, *g* (lub nad *h'*, *k'*, *f'*, *g'*) leżą na prostych z *2*, *2* poprzednio już wykreślonych punkty *II*, *II*, *II*, *II*. — Podobnie uzyskujemy punkty *III*, *III*, *III*, *III*. Leżą one pionowo pod punktami *r*, *t*, *p*, *q* (lub nad *r'*, *t'*, *p'*, *q'*), które wiadomym sposobem na przekątnych otrzymano.

Przez połączenie punktów *a'*, *III*, *I*, *II*, *s*, *II*, *I*, *III*, *c'* leżących nad punktami *r'*, *n'*, *k'*, *o*, *f'*, *i'*, *p'* przekątnéj *a'c'* powstaje jeden, a punktów *b'*, *III*, *I*. *II*, *s*, *II*, *I*, *III*, *d'* nad punktami *t'*, *m'*, *h'*, *o*, *g'*, *l'*, *q'* przekątnéj *b'd'* drugi z drutów. Wymaga tu ry-

sunek pewnéj jeszcze ostrożności. Pamiętać mianowicie wypada, że krzywe drutów w punktach *a'*, *b'*, *c'*, *d'* stycznie przylegają do pionowych *a'A*, *b'B*, *c'C*, *d'D*, jakoteż że leżąca nad przekątną *a'c'* krzywa w punkcie *s* do *ac*, leżąca zaś nad *b'd'* w tymże wprawdzie punkcie *s*, lecz do *bd* stycznie przylega.

Według zasady powyżéj rozwiniętéj wykonano sklepienia krzyżowe we fig. 155 i 156.

§. 149. *Zastosowania zasady poprzedzającego* §[fu.] Przykład pierwszy. We fig. 155 leży kwadrat *a'b'c'd'* nad horyzontem. Narysowano jego przekątne, przecięto je prostymi *AL* i *AN*, a z powstających tak na przekątnych punktów wykreślono równoległe do *b'c'*. Otrzymano tym sposobem przy wierzchołkach kwadratu *a'b'c'd'* cztery między sobą równe kwadraty małe, które mogą być górnymi płaszczyznami filarów, podpierających sklepienie krzyżowe. W rysunku wyjęto niejako filary te z pod sklepienia i kwadraty tak uwidoczniono.

Wykreślenie sklepienia. Punktem przecięcia się przekątnych dolnego kwadratu *a'b'c'd'* jest *o*. Z niego dochodzimy sposobem znanym do środków o_1, o_2 boków *b'c'* i *a'd'* jakoteż o_3, o_4 boków *c'd'* i *a'b'*. Ze środków o_1, o_2 można zaraz wykreślić koła w płaszczyźnie *b'c'BC*, jakoteż nad średnicą *LN*. Następnie szukamy kół takich na ścianach pionowych nad średnicami V_3V_3 i V_4V_4. Dla otrzymania najwyższych ich punktów s_3 i s_4, rysujemy przez punkt s_1 koła pierwszego prostą poziomą *bc*, (odpowiada ona podobnie znakowanéj linii we fig. 154), która przecina pionowe *c'C* i *b'B* w punktach *c* i *b*. Na prostych *Ac* i *Ab* leżą szukane punkty s_3 i s_4, a to pionowo nad środkami o_3 i o_4 boków *c'd'* i *a'b'*.

Koła $V_3s_3V_3$ i $V_4s_4V_4$ na płaszczyznach bocznych dadzą się teraz według zasad §[fu] 138 narysować; w wypadkach jednak, jeżeli rozmiary ich są drobne, oddaje ich wykreśleniu koło Vs_1V dobre usługi. Jeżeli mianowicie czworobok $VV5_15_1$ jest półkwadratem opisanym na półkolu Vs_1V, a figura $V_3V_35_35_3$ odpowiadającym mu półkwadratem na ścianie bocznéj, to za pomocą półprzekątnych o_15_1, o_15_1 powstają na kole Vs_1V punkty 1_1,1_1. Prostą poziomą łączącą je przedłużamy aż do *x* i *y*. Prosta *Ax* odcina na przekątnych o_35_3, o_35_3 punkty 1_3, 1_3 koła bocznego. Półkole to można teraz przez punkty V_3, 1_3, s_3, 1_3, V_3 narysować tak, aby w V_3, V_3 do pionowych tych punktów, w punkcie s_3 zaś do *Ac* stycznie przylegało. Podobnie dochodzi się do koła $V_4s_4V_4$.

Po wykreśleniu górnego kwadratu *abcd*, jego przekątnych i punktu *s*, szukamy punktów na drutach, a to postępując według fig. 154. Rysujemy do tego z punktów 1_1, 1_1 koła Vs_1V linie do *A* (perspekt. równoległe do s_1s_2 albo boku *ab*, porówn. z fig. 154), a następnie pionowe w górę aż do *1'*, *1'* na *bc*. Idące stąd proste do *A* odcinają na przekątnych punkty *i*, *l*,

m, *n*. Pionowo pod nimi na Al_1, Al_1 leżą punkty *I*, *I*, *I*, *I*, drutów. Otrzymać je można także za pomocą dolnego kwadratu *a'b'c'd'* przez wykreślenie pionowych $1_1 1''$ aż do *b'c'*, a następnie linij $1''A$. Linie te wyznaczają na przekątnych punkty *i'*, *l'*, *m'*, *n'*, nad którymi punkty *I...I* mieszczą się. — Podobnie powstają punkty *III*, *III* na prostych 3_1A, 3_1A, a pionowo pod punktami *p*, *q*, *t*, *r*, przekątnych *ac*, *bd* (lub nad *p'*,*q'*,*t'*,*r'*, przekątnych *a'c'*, *b'd'*). Łącząc otrzymane punkty wedle wskazówek danych przy fig. 154 dochodzimy do drutów, które przez punkt *s* przechodzą i w nim do przekątnych (a to jeden do *ac*, drugi do *bd*) stycznie przylegają.

Uwaga. Rozumie się, że prosta pozioma *TT*, styczna do obu kół, znajdujących się na bocznych płaszczyznach pionowych, przedstawia wysokość, powyżéj któréj rysunek drutów sięgać nie może. Krzywe te muszą téj linii dotykać, jak to na rysunku w punktach T_1,T_1 widać.

Przykład drugi. Fig. 156 różni się tém od poprzedniéj, że punkt oka *A* jest na boku, przeto kwadrat *a'b'c'd'* inaczéj się przedstawia; *o* jest jego środkiem. — Po wyrysowaniu kół na wszystkich płaszczyznach wyznacza się punkty *I*, *I*, *I*, *I*, drutów za pomocą punktów 1_4, 1_4 (otrzymanych na przekątnych $o_4 5_4$ tak, jak we fig. poprzedniéj punkty 1_3, 1_3). Rysuje się w tym celu z 1_4, 1_4 linie poziome, t. j. równoległe do $s_4 s_3$, daléj pionowe $1_4 1'_4$, $1_4 1'_4$ aż do *ab*. Wychodzące z $1'_4$, $1'_4$ poziome wyznaczają na przekątnych kwadratu *abcd* punkty *m*, *i*, *n*, *l*. Pionowo pod nimi leżą punkty *I*, *I*.. drutów, które rysujemy jak poprzód. Punkty *T*, *T*, T_1, T_1 mają również tosamo co wprzód znaczenie.

Sklepienia fig. 155 i 156 noszą nazwę krzyżowych sklepień rzymskich.

§. 150. Korytarz nakryty rzymskimi sklepieniami krzyżowymi bez podłęczy. Przedstawiono go figurą 157. We fig. 157_a widać w szkicu geometrycznym wymiary przedmiotu. Mianowicie przedstawia *ab* szerokość korytarza samego, z którego bocznych ścian pionowych wyskakują filary dosyć płaskie, jak *cfhm*, *dgkl*.., na których spoczywają sklepienia. Rozpiętość ich nie jest tedy tak wielką jak szerokość korytarza, lecz równa się wymiarowi *cd*, zmniejszonemu o podwójną grubość filarów, których szerokości *fh*, *gk*, *ts*, *rz* wypadają w kierunku zagłębienia. Po ostatnim filarze kończy się korytarz murem pionowym z framugą *uvwx*. — Przestrzenie jak *hkrt* między czterema filarami są kwadratowe i nad nimi to wznoszą się sklepienia krzyżowe. Przestrzeni takich widać w 157_a tylko dwie, podczas gdy w rysunku perspektywicznym przedstawiono trzy. Rysunek ten wykonano w poczwórnych rozmiarach fig. 157_a.

Wykr. Obrawszy na fig. 157 linią podstawową (jest nią dolna

krawędź obrazu) a w stosownéj wysokości horyzont, spostrzegamy po obramowaniu obrazu, że wysokość jego większą jest od szerokości. Należy tedy w myśl §. 85 przy wyznaczaniu odstępu oka zastosować się do wysokości obrazu. Wynosi ona blisko 18 *cm*. Obrano tedy na horyzoncie punkt $D/_5$ tak, że $AD/_5$ równa się przeszło 5 *cm*, przeto cały odstęp *AD* około 27 *cm*, t. j. półtorakrotną wysokość wynosi. Daléj przyjęto w *b* na pł. podstawy zagłębienie ściany pionowéj równoległéj do tła. Widać ją na obrazie tylko z prawéj strony w wąskim pasku *bMNR*. Stąd w głąb dążąc rozpoczyna się korytarz.

W *FG* (na *PP*) odcięto teraz wymiar $4 \times ab$ (z fig. 157_a) i wykreślono *AG**). Między liniami *AF* i *AG* mieści się perspekt. szerokość korytarza. Aby otrzymać plan perspektywiczny, t. j. perspektywę figury 157_a, postępuje się zupełnie jak z figurą 152_a, §. 146. Pamiętać tylko należy, że wymiary fig. 157 są cztery razy tak wielkie, jak odpowiadające im wymiary w 157_a i że wobec tego trzeba długości, które w głąb dążą, wziąć najprzód z fig. 157_a poczwórnie, a późniéj z powiększonych tak wymiarów dla $D/_5$ odciąć na *PP* tylko część piątą. Mając tak wyznaczyć w głąb *bd* (z 157_a) kreśli się najprzód w dowolném miejscu (tu w obrębie fig. 157_a) długość $MN=4 \times bd$ i przenosi następnie odcinek $MN'_5={}^1/_5 \times MN$ na *PP* do *12*. Linia $2D/_5$ wyznacza w zagłębieniu punkt *d*.

Potrzebną do wykreślenia filarów skalę głębokości uzyskuje się, jak we fig. 152, na prostéj *HgA* od *g* począwszy. By otrzymać $gk=bd$ odcina się na *PP* długość $34=12$. Prosta $4D'_5$ daje punkt *k*. Jeżeli rozchodzi się jeszcze o linią, np. *kr*, to znaczymy w dowolném miejscu (tu na prawym brzegu obrazu) najprzód długość $PK=4 \times kr$ (z 157_a) następnie $PK/_5= {}^1/_5 \times PK$. Długość $PK/_5$ przenosimy na *PP* do *45*. Linia $5D/_5$ daje punkt *r* itd.

Nad wykonanym tak planem, przyjąwszy np., że się sklepienia w wysokości linij *Af'* i *Ag'* rozpocząć mają, kreślimy z punktów *f*, *h*, *t*, *s*..., *g*, *k*, *r*, *z*.., pionowe aż do owych linij i uzyskujemy na nich punkty *f'*, *h'*, *t'*, *s'*...., *g'*, *k'*, *r'*, *z'*... Z nich rysuje się poziome *t'n'*..., *r'p'* a następnie pionowe z punktów *n*... *p*, przez co powstaną punkty *n'*... *p'*... Jeżeli wylot korytarza znajduje się w płaszczyźnie pionowéj *cff'g'gd*, do tła równoległéj, to rysujemy ze środka *o* (na *f'g'*) promieniem $of'= og'$ koło. Jest ono początkiem korytarza, a średnica jego rozpiętością sklepienia. Drugiém kołem zatoczoném w głębokości

---

*) Że *G* wypada po za krawędzią obrazu, nie stanowi to przeszkody, można bowiem w myśl §. 43 poprzestać na odcięciu połowy szerokości *FG*, gdyby się w obrębie obrazu cała nie mieściła, drugą połowę zaś powtórzyć w większéj głębokości. Z fortelu tego tu jednak nie skorzystano, aby od głównéj sprawy myśli nie odwracać.

ściany *aa* ze środka o_1 promieniem $o_1f''=o_1g''$, korytarz się kończy.

Aby otrzymać druty sklepień krzyżowych wznoszące się nad przekątnymi *hr* i *tk*... kwadratów (uwidoczniono je na pł. podstawy), postępujemy wedle fig. 155. Po wykreśleniu nad półkolem *f'wg'* półkwadratu *f'Fg'G* (w fig. 155 — $V5_15_1V$) korzystném będzie wyznaczenie przekątnych na płaszczyźnie w wysokości *FG* położonéj (jak płaszczyzna *abcd* w fig. 155). Rysujemy w tym celu *FA* i *GA* (pionowo nad *fA* i *gA*) i znaczymy na nich punkty *h''*, *t''*, *s''*.., *k''*, *r''*, *z''*.. (pionowo nad *h*, *t*, *s*..., *k*, *r*, *z*..). Proste *h''r''* i *t''k''*... leżą tedy pionowo nad przekątnymi *hr*, *tk*... pł. podstawy, (jak *bd* i *ac* fig. 155) a punkty w_1, w_2, w_3, ich przecięcia się są już najwyższymi punktami drutów, w których takowe do przekątnych *h''r''*.., *t''k''*.. stycznie przylegają (jak punkt *s* fig. 155). Punkty te mieszczą się zarazem wszystkie na prostéj *wA*.

Dla otrzymania dalszych punktów na drutach znaczymy na przekątnych *oF*, *oG* półkwadratu punkty *1*, *1* półkola (punkty 1_1, 1_1 fig. 155). Następnie rysujemy linie *1A*, *1A*, daléj z punktów *1*, *1*, pionowe w górę aż do *1'*, *1'* na *FG*, nareszcie proste *1'A*, *1'A* Proste te przetną przekątne *h''r''*.., *t''k''*... w punktach *m,n,p,4,5,6*, *i,l,q,7,8,9*. Pionowo pod nimi na prostych *1A*, *1A* znajdują się punkty *I,I,I,I*... należące do drutów (tak jak w fig. 155). Podobnie postępuje się daléj i dochodzi po obraniu na kole *f'wg'* punktów *2,2* w jednakowéj wysokości i poprowadzeniu prostych *2A*, *2A* na tychże ostatnich do punktów *II,II*...; leżą one pionowo pod punktami m_1,n_1,p_1..., i_1,l_1,q_1... przekątnych.

Z połączenia otrzymanych punktów powstanie rysunek drutów, przyczem tylko uważać trzeba, aby nie połączyć punktów w niewłaściwym porządku. Najlepszą wskazówkę w téj mierze dają przekątne *h''r''*..., *k''t''*... same. Chcąc bowiem wykreślić drut leżący pionowo pod *h''r''*, musimy od punktu *h'* rozpocząć, w punkcie *r'* z nim skończyć i prowadzić go przez *te* punkty $II,I,(w_1)I,II$, które leżą pionowo pod punktami m_1,m,l,l_1 téjże przekątnéj *h''r''*. Podobnie drut łączący punkty *t'* i *k'* i pionowo umieszczony pod prostą *t''k''* przechodzi przez *te* punkty $II,I,(w_1)I,II$, które się znajdują pod punktami n_1,n,i,i_1 linii *t''k''*. Taksamo wszystkie inne. Prócz tego muszą druty, jak już nadmieniono, przejść parami przez punkty w_1,w_2,w_3,... i przylegać w nich stycznie do *tych* prostych, pod którymi leżą, a każda para posiadać musi wspólną poziomą styczną *TT*, jak to w fig. 155 wykazano.

Jeżeli punkty *1,1*, *2,2* na kole *f'wg'* leżą, jak tu, w linii pozioméj, t. j. w téjsaméj wysokości, to muszą się i punkty *I,I*... *II,II*... drutów parami w liniach poziomych znajdować, co przy najmniéj zagłębionéj parze *I, I* uwidoczniono. Można zatem

wykreślenie o tyle uprościć, że się wyszukuje punktów tylko z jednéj strony (z téj, gdzie dogodniéj, w fig. 157 z lewéj, bo tu rysunek dla lepszego przecięcia się linii *1A* z pionowymi punktów *m,n,p,4,5,6* wypadnie dokładniéj) a z nich za pomocą linij poziomych dochodzić wprost do punktów *I,I...* na linii *1A* po stronie prawéj.

Na płaszczyznach bocznych *mnn'*, *lpp'*... korytarza należy jeszcze w końcu narysować półkola, których najwyższe punkty w'_1,w'_2,w'_3... mieszczą się na liniach *BA* i *CA*, a to w przecięciu się ich z poziomymi, wykreślonymi z punktów w_1,w_2,w_3 drutów. Koła te przylegają stycznie do prostych *BA* i *CA* właśnie w owych punktach w'_1,w'_2,w'_3... a początek ich leży w punktach *n'*...*p'*... Szczegółowe wykreślenie widać w rysunku, w którym na linii *An'* pionowo pod najwyższym punktem w'_1 leży środek o'_1 jednego z tych kół. Prosta $o'_1w'_1$ jest tedy pionowym jego promieniem, czworobok $o'_1w'_1vn'$ ćwiartką opisanego kwadratu, a prosta $o_1'v$ jedną z półprzekątnych. Narysowanego obok geometrycznego kwadratu $o'_1w'_1nm$ przekątna o'_1n przetnie ćwierćkole w punkcie *p*. Pozioma z niego wyznaczy na linii $w'_1o'_1$ punkt *r*, a prosta *Ar* na przekątnéj $o_1'v$ punkt *t* szukanego perspektywicznego koła. Na prostéj *Ar* leżą także punkty (jak t_1) na przekątnych (jak $o_2'v_1$ kwadratu $o'_2w'_2v_1n_1$) głębiej położonych. Taksamo po prawéj stronie.

W głębi *uv* zamknięto przestrzeń łukiem kołowym, zasklepiającym framugę. Środki są o_2 i o_3 (podobnie jak w fig. 151).

§. 151. Korytarz nakryty rzymskimi sklepieniami krzyżowymi z podłęczami (fig. 158). Przegradzają one poszczególne sklepienia krzyżowe (podobnie jak we fig. 151). Figura 158_a jest szkicem geometrycznym. W nim widać w *af* całą szerokość korytarza. Właściwe filary ze ściany wyskakujące są *abwn*, *fgqr*... Z każdego z nich występuje jeszcze filar węższy, jak *cdjk*, *himp*... a na nim spoczywa podłęcze. Rozpiętość podłęczy jest tedy *di* i *jm* na płaszczyznach równoległych do tła, *wu*, *ns* zaś na ścianach bocznych. Nakryty sklepieniem krzyżowém kwadrat jest przeto *kpxl*. Przestrzeni takich ma być w rysunku perspektywicznym znowu trzy, a zakończenie w głębi jak w fig. 157. Rozmiary fig. 158 są jak przedtem cztery razy tak wielkie jak w 158_a; jednakowa wielkość obrazów w obu fig. 157 i 158 wymaga też dla fig. 158 takiegosamego jak w poprzedniéj odstępu oka.

Wykr. Przy rysowaniu planu perspektywicznego sposobem znanym przyjmuje się (fig. 158) w głębi *a* prostą *ab* jako odpowiadającą prostéj *abgf* (z 158_a), kreśli prostą *Aa* i wyznacza szerokość korytarza jak przedtem. Obie proste *Aa* i *Atr* szerokość tę perspektywicznie przedstawiają.*) Teraz odcina się

*) Krawędź *gf* (z 158a) po prawéj stronie już się w obrębie obrazu nie mieści.

(persp.) $ab=4\times ab$ (z 158_A), rysuje Ab, przenosi wymiar ab na prawą stronę (za pomocą przeniesienia dowolnie zagłębionéj długości np. $11'12'=15'16'$) i kreśli prostą $A15'$. Następnie wyznacza się bc w głąb, t. j. rysuje $D/_5 b$ do B na PP, odcina w BC piątą część powiększonéj w czwórnasób wielkości bc (z 158_a) i kreśli $D/_5 C$, przez co powstaje na bA punkt c. Pozioma z c daje po drugiej stronie punkt h. Po (perspekt.) odcięciu $cd=ih=4\times cd$ (z 158_a) rysuje się proste Ad i Ai.

Odcięta na PP długość $DJ=ST/_5$ (z 158_a gdzie $ST=4\times dj$) daje punkt J, a linia $JD/_5$ na dA punkt j. Pozioma z niego wyznacza jk i mp. Perspektywę boku kwadratu, t. j. jy odcina się jak w figurze poprzedniej. (JY na PP równa się $LJ/_5$ na lewym brzegu obrazu, gdzie LJ odcięto w poczwórnéj wielkości boku jy kwadratu z 158_a). Pozioma z otrzymanego tak punktu y daje długości yl i zx. Z wykreślenia prostéj $D/_5 lW$, odcięcia $WU=BC$ i poprowadzenia $UD/_5$ powstaje na bA punkt u. Z niego wychodzi pozioma us i vt itd. Na planie uwidoczniono za jedném i przekątne kwadratów, t. j. linie kx, lp...

Jeżeli w wysokości $c'd'$, $i'h'$ znajdować się ma początek łuków pierwszego podłęcza, zataczamy wówczas z położonego na $c'h'$ środka o_1 koła o promieniach $o_1c'=o_1h'$ i $o_1d'=o_1i'$ a te dają podłęcze pierwsze. Na liniach $c'A$, $d'A$, $i'A$, $h'A$ leżą początki l', y'..., x', z'... łuków dalszych. Środki ich o_3 (promienie dotyczące $o_3l'=o_3x'$, $o_3y'=o_3z'$), o_5, o_7... leżą na poziomych, jak $l'x'$..., a wszystkie na prostéj o_1A (jak w fig. 152 i 153). Łuki te można zatem łatwo wykreślić. Na prostych $d'A$ i $i'A$ leżą zarazem punkty j', $1'$..., m', $1'$... (pionowo nad punktami j, 1... m, 1... planu), w których się zaczynają łuki ograniczające podłęcza w kierunku zagłębienia. Środki ich leżą także na linii Ao_1, a mianowicie w punktach o_2, o_4, o_6, o_8, gdzie poziome jak $j'm'$, $1'1'$... tę linią przetną. Promienie ich są $o_2j'=o_2m'$, $o_41'=o_41'$...; można je przeto równie łatwo jak poprzednie zatoczyć.

Rozchodzi się teraz o wykreślenie drutów sklepień krzyżowych pomiędzy podłęczami. Za początek sklepienia krzyżowego można oczywiście uważać łuk większy $c'Sh'$, gdyż podłęcze grubością swą, zawartą między łukami $c'Sh'$ i $d'Ri'$, poniżéj sklepienia krzyżowego występuje, podobnie jak w fig. 152 podłęcze (grubością $I1$, $II2$...) poniżéj sklepienia obłego. Łuk $c'Sh'$ jest tedy względem sklepienia krzyżowego témsamém, co łuk $f'wg'$ w fig. 157, tak że rysunek drutów otrzyma się jak poprzód. Wykreśliwszy bowiem półkwadrat $c'Ch'H$, znaczymy na płaszczyźnie w wysokości CH położonéj, linie $k''x''$, $p''l''$... jako leżące pionowo nad przekątnymi kx, pl... Z linij owych powstaną punkty w_1, w_2, w_3... jako najwyższe punkty drutów. Leżą one wszystkie na prostéj SA. Dla otrzymania punktów dalszych znaczymy na przekątnych o_1C, o_1H półkwadratu punkty $1,1$ koła $c'Sh'$ i rysujemy proste $1A$, $1A$.

Pionowo nad *1*, *1* leżą na *CH* punkty *1'*, *1'*. Linie *1'A*, *1'A* przetną proste *k''x''*, *l''p''* w punktach *m*, *n*, *i*, *l*; pionowo pod nimi na *1A*, *1A* znajdujemy punkty *I*, *I*... drutów, a podobnie punkty dalsze. Z ich połączenia powstają pod *k''x''* i *l''p''* druty $k'Iw_1I'x'$ i $l'I'w_1Ip'$. Pierwszy z nich styka się w punkcie w_1 z prostą *k''x''*, drugie zaś w tymsamym punkcie z prostą *l''p''*.*)

Zostają jeszcze do rysunku podłęcza występujące ze ścian bocznych, a więc łuki, które spoczywają na filarach *abca'b'c'*, *suls'u'l'* itd. Zajmie nas głównie podłęcze drugie z porządku. Rozpiętość jego i wszystkich innych jest tak wielka, jak łuków *c'Sh'* i *d'Ri'*. Rysując przeto przez punkty w_1, w_2, w_3 poziome, otrzymamy na liniach *CA*, *HA* (na fig. poprzedniéj *FA*, *GA*) najwyższe punkty w'_1, w'_1, w'_2... łuków większych, które taksamo jak łuki $n'tw'_1$ i $p'w'_1$ figury poprzedniéj się rysuje. Dla łuków mniejszych na podniebieniu podłęcza, takiéj rozpiętości jak *d'Ri'*, rysujemy poziomą *RP* aż do pionowéj punktu *C* i kreślimy *PA*. Prosta ta przecina pionową z w_1' spuszczoną w punkcie *11*, który jest najwyższym punktem mniejszego łuku. Można go jako łuk *u'11* taksamo otrzymać jak większy $l'w_1'$ (albo i wprost z punktów *u'* i *11* od ręki narysować). Podobnie uzyskujemy po drugiéj stronie łuki $x'w'_1$ i *v'15* i wszystkie inne tego rodzaju. Muszą one w punktach w_1', *11* i w_1', *15*... do prostych *AC*, *AP*, *AH*, *AQ* stycznie przylegać.

Co do kół wreszcie poczynających się w punktach *s'*..., *t'*..., na saméj ścianie położonych, łatwo spostrzéc, że najwyższe punkty ich *12* i *16* leżą na pozioméj *11*, *15* i pionowo nad punktami *12'*, *16'* planu. Koła przeto, które z *s'* i *t'* do *12* i *16* dążą, rysuje się jak poprzednie, t. j. tak, aby stycznie w tych punktach do prostych *A,12* i *A,16* przylegały.

Korytarz sklepiony nie ma (jak w fig. poprzedniéj) wylotu w ścianie pionowéj, która się tam na rysunku mieści, lecz sięga jeszcze daléj aż do tła i po za tło ku stronie oka. Innymi słowy, płaszczyzna obrazu nie jest ustawioną przed wejściem do korytarza, ale go samego gdzieś przecina, dlategoto należy też wszystkie łuki, tak podłęczy jak i drutów aż do tła przedłużyć. Dla podłęcza, które na filarze *abca'b'c'* spoczywa, szukamy najpierw największego z jego łuków, który wychodzi z punktu *c'*. Najwyższy jego punkt *F* otrzymamy, jeżeli od punktu w'_1**) wychodząc, na prostéj Aw'_1 odetniemy w kierunku do tła prostopadłym taki sam (persp.) odcinek, jak $w'_1w'_2$. Jest to odległość najwyższych punktów dwóch łuków, które w kie-

---

*) Przy rysowaniu drutów jakoteż wysnuciu punktów jednéj strony z punktów drugiéj zachowuje się wskazówki §fu poprzedniego.

**) Najwyższy punkt łuku drugiego z porządku.

runku zagłębienia bezpośrednio po sobie następują. Rysujemy w tym celu w punkcie w_1' poziomą i kreślimy z dowolnego punktu horyzontu (§. 65 i dalsze) np. z $D/_5$ prostą $D/_5w'_2$ do punktu *10* téjże pozioméj. Odcinek $w'_1 10$ przenosi się cyrklem do $w'_1 9$ i prowadzi linią $D/_5 9$, która na Aw'_1 wyznaczy punkt *F* jako najwyższy (po za obrębem rysunku już położony) punkt szukanego łuku. Łuk ten *c'F* (środek jego *o* pionowo pod *F* na *Ac'*) można tak jak łuk $n'tw'_1$ fig. 157 narysować. Podobnie mniejszy wychodzący z *b'*, którego najwyższy punkt *G* leży pionowo pod *F* na prostéj *AP* i trzeci poczynający się w *a'*. Najwyższy punkt *L* tego ostatniego otrzymuje się tak jak poprzednio punkty *12* i *16* za pomocą położonéj na podstawie linii *34*. Łuki te muszą w punktach *F*, *G*, *L* do prostych *AF*, *AG*, *AL* stycznie przylegać. Z łuku po drugiéj stronie z punktu *h'* wychodzącego widać część bardzo tylko małą. Szukałoby go się w podobny sposób.

Dla drutów z *c'* i *h'*, które się zbliżają do tła, znachodzimy najwyższy punkt w przecięciu się linii przechodzącéj przez wszystkie punkty w_1, w_2, w_3. t. j. linii *AS* z poziomą punktu *F*. Jest to punkt *W*. Proste *CW* i *HW* zupełnie teraz odpowiadają narysowanym poprzód $l''w_1$ i $x''w_1$. Punkty *I''*,*I''* na drutach *c'W* i *h'W* uzyskamy za pomocą linij *CW* i *HW* tak jak punkty *I'*,*I'* za pomocą prostych $l''w_1$ i $x''w_1$. Przedłużamy bowiem linie *AI'*, *AI'* do *CW* i *HW* a z powstałych tam punktów *M* i *J* spuszczamy pionowe, które na prostych *AI'1*, *AI'1* odetną punkty *I''*, *I''*. Przez punkty *c'*,*I''*,*W* i *h'*,*I''*,*W* rysuje się druty tak, aby w *W* do *CW* i *HW* stycznie przylegały i uwidacznia dobitnie w obrębie obrazu położoną ich część.

Rozumie się, że pewnych części drutów, jako zakrytych podłęczami, nie widać; tak np. dla $x'w_1k'$ części między *k'* i *I*, dla $l'w_1p'$ części między *p'* i *I*, w obydwu wypadkach aż do podłęcza. Na okoliczność tę wypadnie przy wykonaniu rysunku uważać.

§. 152. Sklepienie krzyżowe gotyckie. Konstrukcya jego w budownictwie na zupełnie innéj polega zasadzie niż rozpatrywane dotąd sklepienie rzymskie. I wykreślenie perspektywiczne tego sklepienia będzie się tedy również na innéj musiało oprzeć metodzie.

W fig. 159 przedstawiono perspektywę tak zwanego sklepienia gwiazdowego, w które sklepienie gotyckie właściwe wchodzi jako składnik. W fig. 159_a widać je w rysunku geometrycznym. Wyjmujemy z niego na razie tylko to, co stanowi istotę sklepienia gotyckiego.

Tak przedstawia kwadrat *abcd* przestrzeń, która ma być zasklepioną. Nad każdym bokiem tego kwadratu wznosi się łuk ostry. Unaoczniono go poniżéj boku *ab*. Składa się on

z dwóch, ze środków o_1 i o_2 promieniami $o_1b=o_2a$ zatoczonych łuków kołowych, które się w punkcie s_1 pod kątem przecinają. Cztery te nad bokami kwadratu umieszczone łuki są zarysami sklepienia. Nad przekątnymi wznoszą się druty sklepienia krzyżowego, które jednak w tym wypadku już nie wynikają z łuków kołowych, jak przy poprzednich sklepieniach rzymskich, są one bowiem same łukami kołowymi ale łukami występującymi samodzielnie. Wierzchołek ich s, w którym się druty te schodzą, mieści się pionowo nad środkiem o kwadratu i leży zawsze wyżéj niż wierzchołki (jak s_1) łuków nad bokami kwadratu. Wysokość os, dana, jest przeto zawsze większą od wysokości $o's_1$.

Jeżeli według tego do przekątnéj bc wykreślimy w punkcie o prostopadłą (jest nią druga przekątna kwadratu) i na niéj przyjmiemy punkt s tak, aby os było większe niż $o's_1$ (poniżéj ab), to łatwo teraz w przekątnéj bc wyszukać środka o_3 łuku kołowego, którydy z b wychodząc kończył się w s. Potrzeba tylko w tym celu prostą bs przepołowić w punkcie p i wykreślić w nim do bs prostopadłą, która przetnie przekątną bc w żądanym środku o_3. Z niego zatacza się otworem cyrkla o_3b łuk bf_2g_2s i dochodzi po przeniesieniu długości oo_3 do oo_4 do takiegosamego łuku cs ze środka o_4; łuki te (bf_2g_2s i cs) przedstawiają właśnie kształt drutów nad przekątnymi.

Chcąc dojść o ile punkt s leży wyżéj niż s_1, rysuje się przez o linią $oo''//ab$ i kreśli w o'' i o pionowe. Po odcięciu na nich długości $o''s_4=o's_1$, $os=os$ i wykreśleniu poziomej s_4s' wypadnie $s's$ jako wymiar żądany. Linią s_4s uważać można za linią, która łączy wierzchołek wznoszącego się nad ac ostrołuku z wierzchołkiem drutu. Rozumie się, że gdyby po wyznaczeniu łuków nad bokami kwadratu, a więc po otrzymaniu wysokości $o's_1$ należało wyszukać punktu s, położonego o dany wymiar wyżéj niż punkt s_1, to trzebaby wymiar ten, po wykreśleniu poziomej s_4s', od punktu s' w górę odciąć. Odległość uzyskanego tak punktu od punktu o (tu so) należałoby teraz, z o wychodząc, w prostopadłéj do bc odznaczyć i łuki bf_2g_2s i cs wyż wskazanym sposobem zatoczyć. Takisam drut wznosi się oczywiście nad przekątną ad.

W skład krzyżowego sklepienia gotyckiego wchodzą tedy nasamprzód położone nad bokami kwadratu cztery ostrołuki o danym promieniu i dwa ostrołuki, które tworzą druty i wznoszą się nad przekątnymi. Środków i promieni tych łuków dochodzimy sposobem wyż przytoczonym, a to z danéj wysokości wierzchołka drutów nad punktem o*).

---

*) W konstrukcyjném budownictwie mają jeszcze inne sposoby. Przytoczony tu jest jednak najprostszy.

O znaczeniu, jakie ma zatoczone ze środka *o* koło, później.*)

Rysunek perspektywiczny (fig. 159) gotyckiego sklepienia polega więc na wykreśleniu wszystkich tych ostrołuków. Dla większéj dokładności przedstawiono w figurze téj samo tylko nad horyzontem położone sklepienie, zapewniono tém rysunkowi większy rozmiar. Wymiary szkicu geom. 159a powiększono w perspektywie o połowę.

Wykr. Przyjąwszy na horyzoncie punkty *A* i $D/_4$, wyrysowano nad nim linią poziomą *ab* równającą się półtorakrotnéj *ab* z 159a i wykreślono perspekt. kwadrat wraz z jego przekątnymi, przecinającymi się w punkcie *o*. Punkt *o'* połowi bok *ab*. Po przeniesieniu (z 159a) długości $^3/_2 \times o'o_2 = ^3/_2 \times o'o_1$ do fig. 159, a to z punktu *o'* do o_1 i o_2, zatacza się z tych środków łuki kołowe, wychodzące z *a* i *b*, które się pionowo nad *o'* w punkcie s_1 przeciąć muszą. Linie o_1A i o_2A wyznaczają na *cd* punkty o'_1 i o'_2, które są środkami łuków cs_3 i ds_3. Linia s_1s_3 dąży koniecznie do *A*.

Przystępując do wykreślania ostrołuków nad bokami *ac* i *bd* rysuje się przez s_1 i s_3 poziome i uzupełnia kwadrat $a_1b_1c_1d_1$. Przekątne jego wyznaczą punkt *s'*, który leży pionowo nad *o* a z wierzchołkami w jednakowéj wysokości. Pozioma punktu *s'* od cina na a_1c_1 i b_1d_1 wierzchołki s_4 i s_2 szukanych łuków bocznych. W celu dokładnego ich narysowania potrzeba k o n i e c z n i e znać ich styczne w owych wierzchołkach. Aby je otrzymać, rysuje się w punkcie s_1 styczną do łuku as_1 ($zs_1 \perp s_1o_2$). Przetnie ona pionową aa_1 w punkcie *z*. Z uwagi, że wierzchołki s_1 i s_4 leżą w równéj wysokości a ostrołuki na wszystkich ścianach są jednakowe, łatwo zrozumieć, że z punktu *z* wyjdzie także styczna punktu s_4 ostrołuku ściany bocznéj. Jest nią linia zs_4. Po przeniesieniu punktu *z* za pomocą linii pozioméj na pionową bb_1 można wykreślić styczną zs_2 łuku po drugiéj stronie. Z połączenia punktów *z* z punktem *A* powstaną na liniach cc_1 i dd_1 punkty z_1 (leżą one na jednéj pozioméj). Proste z_1s_4 i z_1s_2 są stycznymi w punktach s_4 i s_2 względem drugich części ostrołuków.

Jeżeli się teraz oto rozchodzi, ażeby między *a*, *c*, i s_4 jakoteż między *b*,*d* i s_2 otrzymać dla każdéj części łuków jeszcze po jednym punkcie, przyjmujemy na łuku as_1 ściany pierwszéj punkt *h* i rysujemy z niego poziomą *hl* aż do *l* w aa_1. Odpowiadający punktowi *h* punkt na łuku bocznym leży oczywiście w téjsaméj co *h* wysokości, znajduje się przeto na prostéj, która łączy punkty *l* i *A* i ma od punktu *l* tęsamę perspekt. odległość co *h* od *l*. Otrzymuje się ją na linii *lA* przy

*) Dalsze części, jak linie *a1*, *b1*, *b2*, *d2*, *d3*, *c3*, *c4*, *a4* należą do sklepienia gwiazdowego, o którém później.

pomocy przekątnych kwadratu *abcd* w sposób następujący: Z h spuszczamy pionową aż do h' na ab i rysujemy $h'A$ aż do punktów i, i na obu przekątnych. Wykreślone z i, i, poziome wyznaczą na ac punkty h_1 i h_2. Pojąć łatwo, że odległości ah_1 i ch_2 są i perspekt. równe i téjsaméj zarazem wielkości co lh. Pionowe z punktów h_1 i h_2 przetną prostą lA w punktach h_1 i h_2, które już są punktami łuków ściany bocznéj. Na ścianie przeciwległéj uzyskujemy takiesame punkty h_3 i h_4, przedłużając poziomą lh aż do l_1 na bb_1 i wykreślając prostą l_1A. Przecina ona poziome punktów h_1 i h_2 w szukanych punktach h_3 i h_4. Sposobem tym można znaleść i więcéj punktów na łukach bocznych, któreby odpowiadały obranym dowolnie na as_1 (jak h) punktom. Przez punkty a, h_1.. s_4 rysuje się łuk od ręki a to tak, aby w punkcie a do pionowéj aa_1 a w s_4 do prostéj zs_4 stycznie przylegał; podobnie po drugiéj stronie łuk bh_3s_2 jakoteż łuki dh_4s_2 i ch_2s_4, które w punktach s_2 i s_4 do prostych zs_2, z_1s_2 i z_1s_4 stycznie przylegać muszą.*)

Rysunek drutów rozpoczynamy od wyznaczenia najwyższego ich punktu, w którym się przecinają, t. j. punktu s. Leży on, jak wiemy, po nad środkiem s' kwadratu $a_1b_1c_1d_1$, a to o wymiar równający się długości $s's$ (fig. geom.) Potrzeba go tylko przenieść na pionową w punkcie s' rysunku perspektywicznego, uwzględniając oczywiście także zagłębienie tego punktu. W tym celu odcinamy na pionowéj z a w dół długość $am = {}^3/_2 \times s's$ (z 159.) i kreślimy mA. Pozioma ze środka o wyznaczy na ac punkt s_0; pionowa z niego w dół przetnie prostą mA w punkcie s'_0. W odcinku $s_0s'_0$ poznać łatwo długość am zmierzoną w zagłębieniu o, a więc i w zagłębieniu s'. Przenosimy ją do $s's$ i wyznaczamy tak punkt s przecięcia się drutów, położony o wymiar $s's$ wyżéj niż wierzchołki ostrołuków na ścianach.

Bardzo potrzebném ze względu na poprawność rysunku jest i tu wykreślenie stycznych do drutów w punkcie s. Celem dopełnienia warunku tego kreśli się w fig. geometrycznéj w punkcie s do łuku cs linią styczną (prostopadle do so_4). Przetnie ona prostą, która w punkcie c jest do przekątnéj bc prostopadłą, w punkcie x. Podobnie i styczna do łuku bs wyznaczyłaby na prostopadłéj, przez b do cb poprowadzonéj, punkt z tąsamą od b odległością, co x od c. Odnosi się to i do stycznych drugiego drutu, który leży nad przekątną ad. Ponieważ krzywe drutów leżą w płaszczyznach pionowych nad przekątnymi, to punkty x... leżą po nad punktami a, b,.. t. j. wierz-

*) Łuki ah_1s_4 i bh_3s_2 wykreśla się tak, aby przyleganie ich do stycznych zs_4 i zs_2 wyraziście w oko wpadało, t. j. aby krzywa z punktu s_4 lub s_2 wychodząc, jak tego kierunek stycznéj wymaga, istotnie w górę dążyła, jakkolwiek w rzeczywistości łuki te od razu spadają. Dokładność rysunku w tych miejscach, dokładność, z którą się tak często rozmijają, zapewni perspektywom tych łuków swoisty im charakter.

chołkami kwadratu *abcd*, o wymiar *cx*. Z przeniesienia zatem na pionową aa_1 długości $ax = \frac{3}{2} \times cx$ (z 159.) powstał już na aa_1 punkt *x*, z którego wychodzi styczna w punkcie *s* do jednego drutu. Jest nią linia *xs*. Przenosząc *x* za pomocą pozioméj na pionową bb_1, można drugą styczną *xs* wykreślić. Linie *xA* wyznaczają na pionowych cc_1, dd_1 punkty x_1, x_1. Linie x_1s, x_1s należą podobnież do szukanych stycznych.

Ażeby dla ułatwienia rysunku drutów między ich punktami *a*, *s*, — *b*, *s*, — *c*, *s* — *d*, *s* wyznaczyć jeszcze punkty inne, obiera się w rysunku geom. na łuku *bs* punkty dowolne jak f_2 i g_2 i szuka punktów, które im w perspektywie odpowiadają. Rozpoczynając od wyznaczenia punktu g_2, kreśli się w rysunku geom. $g_2g_2 \perp bc$ a z punktu g_2 przekątnéj *bc* jako punktu wyjścia kwadrat $g_2g_3g_4g_1$, którego wierzchołki na przekątnych leżą. Podobnie jak punkt g_2 drutu znajduje się pionowo nad wierzchołkiem g_2, tak nad **każdym** z wierzchołków kwadratu tego wystąpi punkt żebra w téjsaméj co g_2 nad g_2 wysokości. Potrzeba tylko kwadrat $g_2g_3g_4g_1$ w perspektywie wyznaczyć i nad każdym z jego wierzchołków wysokość g_2g_2 odciąć.

Do tego przedłużamy boki g_3g_2 i g_4g_1 aż do punktów g'_2 i g'_1 na *ab*. Punkty te przenosimy w rysunku perspektywicznym wprost na *ab*, odcinając tu $o'g'_1 = o'g'_2 = \frac{3}{2} \times o'g'_1$. Linie g'_1A i g'_2A wyznaczą na przekątnych punkty g_1, g_4, g_2, g_3, a témsamém perspektywiczny kwadrat $g_1g_2g_3g_4$. Przy odcięciu nad jego wierzchołkami wysokości g_2g_2 postępujemy jak poprzód z wysokością *s's*, przedłużając nasamprzód boki g_1g_2 i g_3g_4 aż do *2* i *3* na *ac* i rysując stąd pionowe w dół. Następnie odcinamy na linii aa_1 długość $aII = \frac{3}{2} \times g_2g_2$ i rysujemy prostą *IIA*. Przetnie ona pionowe z punktów *2* i *3* spuszczone w *2* i *3*. Długości *22* i *33* na tych pionowych mierzą wysokość g_2g_2 w odpowiednich zagłębieniach. Po przeniesieniu tedy odcinku *22* pionowo nad g_1g_2 do g_1g_1 i g_2g_2 jakoteż *33* do g_4g_4 i g_3g_3 powstaną punkty g_1, g_2, g_4, g_3 jako punkty drutów. W tensam sposób wyznaczono punkty f_1, f_2, f_3, f_4, które odpowiadają punktowi f_2 drutu *bs* w rysunku geometrycznym. Przez połączenie punktów a, f_1, g_1, s od ręki linią krzywą otrzymamy perspektywę drutu. Krzywa ta musi w punkcie *a* do pionowéj aa_1 a w punkcie *s* do linii *xs* stycznie przylegać. Podobnie kreśli się druty bf_2g_2s, df_3g_3s i cf_4g_4s.*) Proste s_4s, s_2s, s_1s, s_3s uzupełniają rysunek.**)

Najczęściéj, jakkolwiek niezawsze, druty sklepienia gotyckiego nie dochodzą w istocie aż do zupełnego przecięcia

---

*) Przy rysunku drutów, szczególnie af_1g_1s i bf_2g_2s trzeba bardzo uważać, aby dokładnie do stycznych *xs*, *xs* przylegały a to mając na względzie uwagę, którą poprzednio z okazyi kreślenia łuków ah_1s_4 i bh_3s_2 wypowiedziano.

**) Czy proste s_1s, s_3s tworzą jednę linią dążącą do *A*? A gdyby nie, dla czego?

się w punkcie *s*, ale zwykle przypierają wszystkie do tarczy kołowéj, która tworzy zawornik*) sklepienia. W rysunku geom. przedstawia się zawornik ten jako koło zatoczone ze środka *o* promieniem stosownéj wielkości. (w tym wypadku $1/_7$ wymiaru *oo''*). Celem wykreślenia jego w perspektywie rysuje się w kwadracie perspektywę koła o środku *o* a średnicy równającéj się półtorakrotnie średnicy z rysunku geom. z uwzględnieniem zagłębienia środka *o*. Z punktów przecięcia się tego koła z prostymi *24*, *ad*, *bc*, t. j. z punktów *1*, *2*, *3*, *5*, *4*, *6* wznosimy pionowe aż do odpowiadających im (a taksamo znakowanych) punktów na drutach, niemniéj na prostych s_4s i s_2s. Krzywa łącząca te punkty jest perspektywą wspomnianéj tarczy, do któréj druty przypierają.**). Że pionowe styczne do koła perspekt. o środku *o* muszą także być stycznymi do obwodu tarczy, o tém byłoby zbytecznem mówić.

Rozpatrywane dotąd w fig. 159 sprawy składają się na zupełne sklepienie krzyżowe gotyckie. Stanowi ono tu jednak część sklepienia gwiazdowego i z tego względu nie poświęcono mu osobnego rysunku.

C) Sklepienia gwiazdowe.

§. 153. Forma ich teoretyczna. Przy wykreśleniu przyjęto tu za podstawę otrzymaną już w fig. 159 formę, którą uzupełniamy w sposób, jak tego istota ich wymaga.

Obrano w tym celu na planie geometrycznym punkty *1, 2, 3, 4*. Przez połączenie ich z wierzchołkami kwadratu powstanie ośm linij prostych, jak *a1*, *b1*, *b2*, *d2*... Pionowo nad nimi wznoszą się znowu druty kołowe, podobnie jak poprzód nad przekątnymi. Najwyższe ich punkty znajdują się (w rysunku perspektywicznym) pionowo nad obranymi w planie punktami *1*, *2*, *3*, *4*, w liniach ss_1, ss_2, ss_3, ss_4 a zatem w wysokości już znanéj (jak np. punkt 4_1 fig. 159a na linii ss_4 pionowo nad *4* o wymiar 44_1 wyżéj). Z każdego wierzchołka kwadratu *abcd* wychodzi owych drutów po dwa. Zarys któregokolwiek z nich uzyskamy, kreśląc np. w punkcie *3* (159a) prostopadłą do *3d* i odcinając na niéj długość 33_1 tego wymiaru co wysokość 44_1. Na linii *3d* otrzyma się środek o_5 tego koła przez wykreślenie w punkcie *m* ($3_1m=dm$) prostopadłéj

---

*) albo klucz, jest to najwyższy kamień sklepienia, zawierający je z góry.

**) Wykreślenie to, rzecz ściśle biorąc, nie jest zupełnie poprawne. Zawornik sam nie przetnie się ze sklepieniem, które nie stanowi ciągłéj powierzchni krzywéj w linii ciągłéj, lecz w krzywéj załamującéj się. Rzecz tę można jednak w rysunku artystycznym bez obawy narażenia się na jakikolwiekbądź zarzut zupełnie pominąć. Jest ona tylko w teoryi ważną i w tym duchu ją tu także podniesiono.

do 3_1d i przedłużenie jéj aż do o_5 w $3d$. Z punktu o_5 zatacza się promieniem o_5d łuk kołowy $d3_1$.

Wykr. Ażeby łuk ten, a raczéj ich ośm w perspektywie przedstawić, uzupełnia się nasamprzód plan perspektywiczny w kwadracie *abcd* przez wyznaczenie tamże punktów *1*, *2*, *3*, *4*, któreby podobnie w figurze geometrycznéj znakowanym odpowiadały. Pionowo nad liniami, łączącymi te punkty z wierzchołkami kwadratu, należy teraz druty, które odpowiadają kołu $dn_5 3_1$ fig. 159a, w perspektywie wykreślić. Konstrukcya ich rozpoczyna się od punktów najwyżéj położonych, t. j. punktów 1_1, 2_1, 3_1. 4_1. Punkty 2_1, 4_1 łatwo otrzymać jako przecięcia się pionowych, wzniesionych w punktach *2*, *4*, planu perspekt. z prostymi ss_2 i ss_4. Chcąc podobnie daléj postępować, spostrzeże się, że pionowe punktów *1* i *3* planu nie dadzą z liniami ss_1, ss_3 dokładnych przekrojów tak, że korzystniéj dochodzić do punktów 1_1, 3_1 przez odcięcie nad *1* i *3* planu, właściwéj im wysokości, t. j. wymiaru 44_1 z fig. 159a. Szuka go się w perspektywie taksamo, jak przy punktach g_1, g_2. drutów głównych. (Na aa_1 odcina się długość $aI'={}^3/_2 \times 44_1$, kreśli *I'A*, a z punktu *1* planu poziomą do *1'* na *ac*. Pionowa z *1'* w dół aż do *1'* na *I'A* jest żądaną wysokością, którą się cyrklem na pionowéj w punkcie *1* planu wzniesionéj odcina. Tak powstał najwyższy punkt 1_1, a w tensam sposób i 3_1 pionowo nad *3*).

Linij stycznych każdego drutu dochodzi się w tych punktach w sposób wiadomy, kreśląc w punkcie 3_1 (159a) styczną do łuku $d3_1$. Przecina ona linią w *d* prostopadle do *d3* wystawioną w punkcie *y*. Długość *dy* ma się teraz na pionowych aa_1, bb_1, cc_1, dd_1 w fig. 159 odciąć. Z przeniesienia długości ${}^3/_2 \times dy$ do *ay* na aa_1 otrzymano punkt *y*, z którego styczne do drutów w punktach 1_1 i 4_1 kreśli się, a uzyskane następnie na bb_1, cc_1, dd_1 punkty *y*, y_1. y_1, dadzą w połączeniu z punktami 1_1, 2_1, 3_1, 4_1 dalsze w tych punktach styczne.

Dla większéj dokładności w rysunku drutów potrzeba na każdym z nich wyznaczyć jeszcze po jednym z punktów pomocniczych n_1, n_2 ... n_7, n_8. Obiera się w tym celu w fig. 159a najdogodniéj punkty $n_1, n_2 .. n_8$ tak, aby leżały na bokach kwadratu $N_1N_2N_3N_4$. Wierzchołki jego $N_1 .. N_4$ znajdują się na przekątnych. W tém zastrzeżeniu leży pewność, że wszystkie punkty $n_1 .. n_8$ mieszczą się nad płaszczyzną kwadratu *abcd* w jednakowéj wysokości. Wyrysowana teraz w punkcie np. n_5 prostopadła do *d3* aż do n_5 w łuku $d3_1$ daje swą długością właśnie owę wysokość. W celu wyznaczenia tych punktów w perspektywie szuka się nasamprzód w planie perspekt. punktów $n_1 .. n_8$. Przenosimy do tego na *ab* odcinki ${}^3/_2 \times o'n'_1 = {}^3/_2 \times o'n'_2$, jakoteż ${}^3/_2 \times o'n'_8 = {}^3/_2 \times o'n'_3$ przez co uzyskuje się tam punkty n'_1 i n'_2, daléj n'_8 i n'_3. Linie łączące je z punktem *A* wyznaczą w punktach n_1, $n_2 .. n_8$ punkty szukane. Na piono-

wych w nich wzniesionych odcina się następnie wysokość n_5n_5 z fig. 159₁ tak jak przy punktach g_1.. g_4, przez co punkty n_1.. n_8 na drutach uzyskujemy. Przez punkty a, n_1, 1_1, — c, n_7, 4_1... kreśli się druty te od ręki, a to stycznie w punktach a, c... do pionowych aa_1, cc_1.., w punktach zaś 1_1, 4_1.. do wykreślonych poprzód linij $y1_1$, $y4_1$... Linie wreszcie proste, które 1_1, 2_1, 3_1, 4_1 z punktem s łączą, przedstawiają prostolinijne a ukośne druty 1_1s, 2_1s, 3_1s, 4_1s.

Wszystkie te druty drugorzędne w liczbie dwunastu — ośm krzywych a cztery prostych — schodzą się po trzy w punktach 1_1, 2_1, 3_1, 4_1 i przypierają częstokroć jak druty główne do tarczy, którą tworzy zawornik sklepienia. W rysunku geom. przedstawiają się kamienie te jako koła o środkach 1, 2, 3, 4 o stosownym lecz mniejszym niż koła środkowego promieniu. Przenosząc w rysunek perspektywiczny wyznaczamy je wprzód na planie. Tarcze nad kołami przy 2 i 4 planu można łatwo otrzymać, jeżeli się w punktach przecięcia kół tych z liniami $a4$, $c4$, 42 wykreśli pionowe aż do odpowiadających drutów. (Tak leży pionowo nad p na ss_4 punkt p_1). Otrzymano tym sposobem dla każdéj tarczy po cztery punkty, które te linie krzywe, o ile tego rysunek artystyczny wymaga, dokładnie wyznaczają. (Ob. uwagę przy kreśleniu tarczy głównéj).

Nie tak łatwo dokonać konstrukcyi tarcz przy 1_1 i 3_1, dla których tylko po dwa punkty da się bezpośrednio z dostateczną tu jeszcze dokładnością oznaczyć, t. j. punkty, które leżą na drutach pionowo nad przecięciem się kół planu z liniami $1a$, $1b$ i $3c$, $3d$. Drugiéj pary punktów, t. j. punktów na prostych ss_1 i ss_3 z téjsaméj co przy tarczy głównéj przyczyny nie można w p r o s t otrzymać. Odpowiadają one punktom r_1, r, t, t_1 planu perspektywicznego. Aby je uzyskać odetniemy nad rzeczonymi punktami planu odpowiednie wysokości z fig. geom. (Jak przy punktach 1_1, 3_1). Z fig. 159ₐ widać bowiem, że pionowe w punktach j, j_1 koła przy 4 odcinają na prostéj ss_4 punkty j', j'_1. Łatwo zrozumieć, że szukane w perspektywie punkty r'_1 i r' leżą nad punktami r_1 i r planu właśnie tak wysoko, jak punkty j'_1 i j' nad j_1 i j. Taksamo punkty t' i t'_1 nad t i t_1.

Dla otrzymania w perspektywie tych wysokości odcina się na dowolnéj pionowéj np. z punktu u długości $uR_1 = {}^3/_2 \times j_1j'_1$ i $uR = {}^3/_2 \times jj'$ (z 159ₐ) i kreśli AR i AR_1. Na linii uA leżą w poziomych z r_1, r, t, t_1 punkty r'_1, r', t', t'_1. Pionowe z nich w dół wyznaczą na prostych AR i AR_1 punkty r_1, r, t, t_1. Wysokości r'_1r_1 i $r'r$ tak otrzymane przenosi się cyrklem w górę do $r'_1r'_1$ i $r'r'$ i uzyskuje za pomocą wykreślonych przez górne punkty r'_1,r' poziomych punkty r'_1, r' tarczy jednéj. Podobnie punkty t'_1, t' dla drugiéj. Przez właśnie co otrzymane cztery punkty można zarys zaworników dość dokładnie wykreślić.

Baczyć tylko należy, aby pionowe styczne do kół planu były także stycznymi do otrzymanych krzywych. *)

Wytłómaczona powyżéj figura 159 przedstawia sklepienie gotyckie, a raczéj gwiazdowe, lecz nie w kształcie jak zwykle w praktyce występuje, ale w postaci niejako matematycznéj, przez skombinowanie linij i powierzchni. Jeżeli sobie teraz przedstawimy, że każda z linij matematycznych, tak prostych jak i krzywych, fig. 159éj zamienia się w linią fizyczną, a więc linie krzywe w łuki sklepione, linie proste zaś w murowane pręgi, to powstanie rzeczywiste sklepienie gotyckie, względnie gwiazdowe. Wykreślono je stosownie do tego we fig. 160.

§. 154. Kształt sklepień gwiazdowych rzeczywisty. W fig. 160_a widać sklepienie takie w rysunku geom., a mianowicie w dolnéj części plan geom., w górnéj zaś tak zwany przekrój pionowy przez zaworniki sklepienia w kierunku linii *MN* idący.

W planie, z którego przedstawiono tylko połowę, widać w miejscu wszystkich linij, które w 159_a pojedynczo występują, same podwójne. Wyrażają one szerokość sklepionych podłęczy i żeber, t. j. pasów, zajmujących miejsce poprzednich drutów. Po przyjrzeniu się figurze perspektywicznéj łatwo zrozumieć ten rys poziomy. Widać mianowicie, że przestrzeń między filarami, jak np. *B* i *C*, zasklepiają podłęcza ostrołukowe, wznoszące się jak łuki as_1, bs_1, cs_3, ds_3, as_4... fig. 159 nad bokami kwadratu. Szerokością ich jest w planie (fig. 160_a) wymiar *m*. Nad przekątnymi kwadratu rozpinają się żebra główne, jak *BO*,*CO*..., które przypierają do zawornika *O*; szerokość ich jest *n*. Występują nakoniec jeszcze żebra drugorzędne, tworzące sklepienie gwiazdowe. Schodzą się one w zawornikach po trzy, dwa krzywe i jedno proste ukośne, jak *IV*, *III*, *I*, i spoczywają jak podłęcza i żebra główne również na filarach *B* i *C*. Wykreślone łuki kołowe *apb* i *cqd* wyznaczają kształt i grubość żeber głównych; drugorzędnych zaś łuki *ekf* i *rlh*. Wymiar planu $ge=ij$ jest grubością podłęczy. — W górnéj części fig. 160_a widać formy zaworników w rzeczywistości częstokroć profilowanych i walcowato wydrążonych.

Przy wykreśleniu figury głównéj 160 narysowano nasamprzód perspektywiczny plan, jak to na pł. podstawowéj widać. Następnie rozpięto nad poszczególnymi liniami planu same żebra, rozpoczynając w stosownéj — obranéj dowolnie albo wymiarami danéj — wysokości. Konstrukcya ta opiera się na wskazówkach fig. 159, odnoszących się do wykreślania drutów. Uważny rysunek doprowadza do perspektywy fig. 160.

---

*) Zdać sobie sprawę, dla czego tarcz przy 1_1 przedstawia się w konturze bardzo wydłużonym, podczas gdy druga przy 3_1 ma kształt więcéj okrągły.

Nie ma tu ani objaśnień, ani linij konstrukcyjnych. Tamte bowiem byłyby tylko powtórzeniem tekstu fig. 159, te zaś sprawę raczéjby zagmatwały. I tarcz zawornikowych nie uwidoczniono; wystąpi tak tém dokładniéj istota żeber.

Powierzchnia sklepienia pomiędzy żebrami w perspektywie linijnéj plastycznie nie ukazuje się. Należy ona do powierzchni wichrowatych, które jedynie cieniowaniem uwydatnić można. Podrzędnego ogółem tylko znaczenia, nie stanowią one i w budownictwie samodzielnych konstrukcyjnych pierwiastków, wypełniając wyłącznie przestrzeń zamkniętą między podłęczami i żebrami, na których ciężarem swym a razem z nimi na filarach spoczywają. Tak nie potrzeba do konstrukcyj w mowie będących sklepień całkowitych murów oporowych, lecz tylko trwałego za pomocą skarp zabezpieczenia pewnych punktów, t. j. właśnie owych filarów.

Dodać jeszcze wypada, że sklepienie gwiazdowe, jak je przedstawiono, jest tylko jednym z licznych wypadków napotykanych w praktyczném budownictwie. Najczęściéj jednak nie występuje ono jako pierwiastek uzupełniający niejako krzyżowe sklepienie gotyckie, lecz jako samodzielna kombinacya podłęczy i żeber, połączonych ze sobą w najrozmaitszy, fantastyczny nieraz sposób. Każdy jednak, chociażby najzawilszy wypadek da się perspektywicznie przedstawić. Rozpoczyna się tu zawsze od wykreślenia perspektywicznego planu, a to na podstawie danego rysunku geometrycznego. Odcięcie ponad punktami planu tego znanych również wysokości umożebni wykończenie perspektywy.

D) Sklepienia źwierciadłowe.

Sklepienie krzyżowe rzymskie powstało, jak już wiemy, z przecięcia się dwóch zwykłych sklepień obłych czyli beczułek. Drugą ich kombinacyą jest inny rodzaj sklepień znanych pod nazwą sklepień klasztornych.

§. 155. Skombinowanie tychże z zasklepieniem płaskiém, tak zwane sklepienie źwierciadłowe (fig. 161 i 162), zajmuje tu najbardziéj.

Fig. 161_a jest rysunkiem geometrycznym. Przedstawić w niéj sobie należy nad linią c_1a_1 wznoszące się ćwierćkole, jak je w górnéj części téj figury w *ca* widzimy. Z niego wychodzi sklepienie beczułkowe (a więc połowa pełnego zasklepienia) w kierunku linii c_1c. Jednocześnie wznosi się nad linią *st* takiesamo ćwierćkole, z którego wychodzi równe powyższemu sklepienie, dążące jednak w kierunku linii *sc*. Podniebienia obydwu tych sklepień przecinają się nad linią *ca*, która połowi kąt prosty przy *c*. Zwie się ona przekątną*). Podobny

*) rozumiejąc przez to przekątną kwadratu *aick* w rogu narysowanego, (jak przy schodach §. 102).

przekrój powstanie nad przekątną drugiego rogu, w którym ćwierćkole *bd* wskazuje na istnienie takiegosamego jak przy *ac* sklepienia. Do obu łuków *ac* i *bd* wspólnie poprowadzona pozioma styczna *ab* wyobraża płaskie zamknięcie przestrzeni u góry, stanowi więc jéj sufit i zwie się w tym wypadku źwierciadłem; stąd też miano sklepienia źwierciadłowego.

Przy kreśleniu jego w perspektywie rozchodzi się tedy najprzód o należyte oddanie krzywego przekroju obu części beczułek, który leży w rogach nad przekątnymi, a następnie o uwidocznienie źwierciadła.

Wykr. W fig. 161 powiększono wymiary rysunku geom. w dwójnasób. Po obramowaniu obrazu przyjmuje się dolną krawędź jego za linią *PP* i umieszcza punkt oka *A* w samym środku na horyzoncie. Następnie odcina się na *PP* p o c z w ó r n ą długość *sc*, t. j. podwójną szerokość całéj przestrzeni. Przyjmując wymiar głębokości sali dowolnie (gdyby był dany, to można go za pomocą punktu $D/_5$ należycie odciąć), rysujemy pionowe *c'c* i *d'd* aż do wysokości *cd*, w której sklepienia beczułkowe rozpocząć się mają. Ze sklepień tych posiadają tedy dwa, a to boczne, kierunek zagłębienia, trzecie zaś znajdujące się w głębi jest do tła równoległe.

Po zatoczeniu nad linią *cd* ćwierćkola *cy* o promieniu *co*, wziętym z fig. geom., ma się wykreślić krzywą przecięcia się obu podniebień sklepiennych, t. j. krzywą *c12a*, która leży nad przekątną *ca'*. Linia ta, jako połowiąca kąt prosty przy *c* zamyka z tłem 45^0 i dążyć musi do punktu odstępu. Że zaś mieści się na horyzoncie tylko punkt $D/_5$, dzielimy przeto odległość *Ac* w punkcie $c/_5$ na pięć równych części i kreślimy prostą $ca' // D/_5c/_5$. Linia *ca'* dąży teraz pewnie do *D* (§. 98). Po wykreśleniu prostych *Ac*, *Ao* i *Ay* rysuje się w dowolném zagłębieniu z punktu o_1 łuk c_1y_1. (Jest on persp. równy łukowi *cy* i można go uważać jako przekrój beczułki po lewéj stronie w głębokości o_1). Na nim przyjmuje się dowolnie punkty 1_1, 2_1 i rysuje pionowe $1_1 1'$ i $2_1 2'$. Wykreślone następnie proste $A1_1$ i $A2_1$ leżą na podniebieniu beczułki, a rozchodzi się o wyznaczenie punktów *1* i *2*, t. j. punktów, w których one sklepienie w głębi przetną. O punktach tych wiemy już, że leżeć muszą nad przekątną *ca'*. Tesame linie $A1_1$ i $A2_1$ znajdują się także pionowo nad prostymi *A1'* i *A2'*, te zaś na równoległéj do posadzki płaszczyźnie c_1cd, w któréj leży także przekątna *ca'*. Proste *A1'* i *A2'* przetną zatem tę przekątną w punktach *1'* i *2'*. Pionowo nad nimi na prostych $A1_1$ i $A2_1$ występujące punkty muszą przeto należeć do szukanéj krzywéj *ca*. Można tak i więcéj punktów wyznaczyć, a przez nie krzywą samę od ręki narysować.

Do dokładności rysunku téj krzywéj przyczyni się i tu styczna w najwyższym jéj punkcie *a*. Wyrysowana w tym

celu linia stycznie do łuku *cy* w najwyższym jego punkcie *y* przetnie pionową *cc'* w punkcie *x*. Na podstawie uwag odnoszących się do stycznych w fig. 159 łatwo zrozumieć, że styczna w punkcie *a* krzywéj *ca* przejdzie przez ten punkt *x*. Po jéj wykreśleniu rysuje się krzywą *ca* przez uzyskane punkty *1*, *2* tak, aby w punkcie *c* do pionowéj *cx*, w punkcie *a* zaś do linii *xa* stycznie przylegała.

Z rysunku łatwo spostrzéc, że zamiast koła c_1y_1 można także było użyć koła *cy*. Obiera się na niém punkty dowolnie, jak 2_1, spuszcza pionową $2_1 2_1'$ do *co* i kreśli prostą $A2'_1$ aż do przecięcia się jéj w punkcie *2'* z przekątną. Pionowa w *2'* wyznaczy na prostéj $A2_1$ tensam co poprzód punkt *2* szukanéj krzywéj. Można się więc i bez wyrysowania koła pomocniczego c_1y_1 obejść. Po prawéj stronie obrazu dochodzi się tymsamym sposobem do krzywéj *bd*.

Co do źwierciadła, to rozpoczyna się ono linią *ab* i jest zamknięte między nią a liniami *Aa* i *Ab*. Zwykle dla dobitniejszego odznaczenia jego zarysu wcina się je pionowo w powałę tak, jak to na rysunku krótkie linie *ar*, *bs* przedstawiają. Na liniach *Ar*, *As*, *rs* albo się poprzestaje albo przyjmuje jeszcze raz dalsze wcięcie, jak w rysunku.

W ścianach sali widać w głębi i po lewéj stronie drzwi i okna, po prawéj zaś okna, a naprzeciwko drzwi pochyło na ścianie zawieszone lustro. Ukośne krawędzie jego *np* i *mq* uzyskano przez wyrysowanie pionowéj *ni* i pozioméj *ip*. Trójkąt *nip* jest do tła równoległy, taksamo jak i drugi przy brzegu *mq* powstający. Obie krawędzie *np* i *mq* muszą z tego powodu być geometrycznie równoległe (§. 21). W głębi przez otwór drzwiowy widnieją przestrzenie dalsze.

P r z y k ł a d d r u g i. W fig. 162 przedstawiono salę większych rozmiarów z takiémsamém jak poprzednio zasklepieniem, tylko że sklepienie beczułkowe nie styka się wprost ze ścianą boczną, jak w fig. 161 wzdłuż linii cc_1, lecz linią tą przebiega w pewnéj od téj ściany odległości, jak to w rysunku geometrycznym 162_a z odcinku *1m* widać.

Wykr. Rysunek perspekt. fig. 162 wykonano w poczwórnych rozmiarach fig. 162_a. Odciąwszy stosownie do tego szerokość sali, wyznaczono w zagłębieniu, odciętém dowolnie albo za pomocą $D/_4$ według danego wymiaru, szerokość *c'1'*. Mały kwadracik *1'f'.g'* w głębi prawego rogu na pł. podstawy rysujący się odpowiada kwadracikowi *1f.g* planu geometrycznego. Po wykreśleniu pionowych *c'c* i *1'1* przyjmujemy w stosownéj wysokości poziomą *c1*. Jest ona w fig. 162 tém, czém była *cd* w fig. 161. Po zatoczeniu ze środka *o* łuku *cy* szuka się krzywéj *ca* podobnie jak w fig. 161, i to albo łukiem *cy* samym lub też pomocniczym c_1w o środku o_1, który odpowiada zupełnie łukowi c_1y_1 fig. 161. Otrzymawszy krzywe *ca* i *1b*,

wyznacza się granice *ab*, *Aa* i *Ab* zwierciadła, a od płaszczyzny powstałéj przez wcięcie *ar* i *bs* rozpoczynają się kasetony kształtu umiarowych ośmioboków, których konstrukcya trudności nie nastręczy. Plan ich geometryczny widać w fig. 162_c (Strop w „Unii lubelskiéj" Matejki).

E) Sklepienia z lunetami.

§. 156. Lunety ostre. Jeżeli przestrzeń zasklepiona według §^{fu} poprzedzającego jest rozmiarów większych, to wtedy dla rozmaitości i przyozdobienia jednostajnych a długością swą oko nużących podniebień sklepiennych przebija się takowe otworami kołowymi — zwą je lunetami — które przecinają sklepienie główne w łukach ostrych, jak to w fig. 162 widać. Łuki te jak z jednéj strony przyczyniają się do przyozdobienia sali tak są z drugiéj i konstrukcyjnie ważne, a to albo ze względu na wytrzymałość sklepienia głównego albo też na uzyskanie potrzebnych otworów okiennych.

Do konstrukcyi tych lunet znajdziemy w fig. 162_a następujące dane: Wzmiankowany wyskok *1m*, daléj szerokość *12* jako odstęp pomiędzy dwiema sąsiadującymi lunetami, następnie wymiar *21* jako rozpiętość każdéj lunety, wreszcie linie *23*, *13*, *23*, *13*... tak położone, że pionowo nad nimi wznoszą się łuki będące przecięciem lunet ze sklepieniem głównéem.

Wykr. Celem otrzymania tych łuków w perspektywie rysujemy wprzód plan perspektywiczny odpowiadający figurze geom. *m1231n231l*.. w 162_a a to na posadzce przy obu ścianach bocznych. Przez punkty końcowe wykreślonéj poprzednio linii pozioméj *c1*, a to w wysokości, w któréj się sklepienia rozpoczynają, prowadzimy następnie linie *Ac* i *A1*. Leżą one pionowo nad liniami *A21*, *A21* planu. Wznosząc przeto w punktach *1*, *2*, *1*, *2*... tegoż linie pionowe aż do prostych *A1* i *Ac*, uzyskamy na nich *1*, *2*, *1*, *2*... jako początki wyznaczyć się mających łuków. Z każdego z punktów jak np. *m* planu (po prawéj) kreśli się teraz pionową aż do punktu *m*, który leży na wychodzącéj z 1_0 poziom éj. Punkt ten *m* łączymy z *A*, a na powstałéj tak prostéj *Am* leżą wszystkie dalsze punkty *n*, *l*, *h*, *f*... pionowo nad podobnie znakowanymi punktami planu. Poziome z górnych punktów *1*, *2*... uzupełniają prostokąty znajdujące się pionowo nad prostokątami *m12*., ..., *l12*., posadzki. Tosamo dzieje się oczywiście i po stronie lewéj.

Dla dogodniejszego i dokładniejszego rysunku kreślimy teraz w zagłębieniu jednego z wierzchołków tych prostokątów np. c_1 (z lewéj strony) koło pomocnicze c_1w o środku o_1, o którém wiemy, że jest perspekt. równe kołu *cy* i przedstawia przekrój sklepienia głównego, (tak jak w fig. 161). Rzutem tego koła na posadzce jest linia pozioma c'_1 *w'*. Na kole tém

obiera się dowolnie kilka punktów; tu obrano dwa, t. j. 1_1 *i* 2_1. Pionowo pod nimi na posadzce w linii c'_1w' leżą $1'_1$ *i* $2'_1$ Linie $A1_1$ *i* $A2_1$, będące liniami podniebienia beczułki, mieszczą się tedy pionowo nad liniami $A1'_1$ *i* $A2'_1$, te zaś przetną idące przez punkty 3_1, 3_1... proste $3_1c'_1$, 3_12, 3_11... w punktach *I*, *I*... *II*, *II*... Pionowo nad nimi leżeć muszą jakieś punkty łuków lunetowych, gdyż według warunków na wstępie danych łuki te nad liniami, które przez 3_1, 3_1... przechodzą, wznoszą się. Rysujemy przeto w punktach *I*... *II*... planu linie pionowe aż do przecięcia się ich z prostymi $A1_1$ i $A2_1$. Powstają przez to punkty *I*, *II*, *I*, *II*... szukanych łuków. Wszystkie punkty *I*, *I*... leżą na prostéj $A1_1$ i pionowo nad punktami *I*, *I*... prostéj $A1'_1$ planu. Podobnie wszystkie punkty *II*, *II*... w linii $A2_1$ pionowo nad punktami *II*, *II*... prostéj $A2'_1$ posadzki.

Najwyższe punkty *III*, *III*... łuków mieszczą się oczywiście pionowo nad 3_1, 3_1 planu. Dochodzi się do nich przez wyznaczenie na linii c'_1w' posadzki punktu z'_1. Pionowo nad nim występuje na kole punkt z_1, a na prostéj Az_1, jak łatwo widać, wszystkie punkty *III*, *III*... Przez połączenie punktów *I*, *II*, *III*... od ręki linią krzywą uzyskuje się łuki lunet. Według planu trzeba tylko uważać, aby połączenie to odbyło się w należytym porządku.

Po drugiéj (t. j. prawéj) stronie można konstrukcyą albo niezależnie od strony lewéj powtórzyć, albo też z uwagi, że odpowiadające sobie punkty w jednakowéj nad posadzką leżą wysokości, tak postąpić: Na wykreśloném po drugiéj stronie kole $1z_2w_2$, odpowiadającém kołu c_1z_1w, wyznacza się poziomymi z punktów z_1, 2_1, 1_1 punkty z_2, 2_2, 1_2 i kreśli z nich linie do *A*. Na tych liniach mieścić się muszą wszystkie punkty *III*, *II*, *I*..., a to w prostych poziomych, które przez takież punkty strony lewéj wykreślono.

Ponieważ w wypadku obecnym łuk *ca* dolną swą częścią *cIII* wchodzi w system łuków lunetowych, (jak widać z fig. 162_a, w któréj linia *1b* w części swojéj *13* należy do rzędu innych linij *13*), podobnie jak i z przeciwnéj strony łuk *1b*, to można było także otrzymać punkty *III*, *II*, *I* z prawéj strony, przedłużając proste $A2_1$, $A1_1$ po lewéj aż do punktów, *III*, *II*, *I* łuku *ac* i wykreślając z nich poziome aż do *III*, *II*, *I* łuku *1b*. Linie, które te punkty z punktem *A* łączą, wypadną w tych samych miejscach co otrzymane za pomocą koła pomocniczego $1z_2w_2$.

Następuje teraz wyznaczenie łuków lunetowych sklepienia w głębi. Występują one, jak fig. 162_a wskazuje, z pionowéj ściany sali o tyleż co lunety boczne. Wykreślona przeto w prawym rogu sali na posadzce prosta *1'3* odpowiada w zupełności linii *13* fig. 162_a. (Po lewéj stronie wypadnie w rogu prosta $c'3_1$). Na pozioméj 33_1 posadzki leżą przeto punkty jak

3', które odpowiadają najwyższym punktom *III*... lunet w głębi. Po wyznaczeniu tedy w głębi sali na posadzce figur *45pq* (jest ich trzy) i przepołowieniu długości *qp* w punktach *i*... otrzymamy za pomocą prostych *Ai*, *Ai*... na pozioméj 33_1 wszystkie nadmienione wyżéj punkty *3'*. Wykreślone teraz linie *43'*, *53'*... są taksamo jak poprzód *13*, *23*... rzutami łuków lunet na posadzce. Linie pionowe z punktów *3'*, *3'*.. odetną w górze na pozioméj *III III* najwyższe punkty *III*, *III*.. lunet w głębi. Dalsze ich punkty znajdują się na poziomych *II II* i *I I*. Aby je otrzymać dokładnie, rysujemy przez *te* punkty *3* i 3_1 planu, które leżą najbliżéj tła, poziomą 33_1 i przedłużamy do niéj linie *A3'*, *A3'* aż do punktów *3*, *3*.. jakoteż proste $A2'_1$ i $A1'_1$, (punkty $2'_1$ i $1'_1$ leżą na prostéj c'_1 *w'*) aż do punktów *t* i *r*. Długości 3_1t i 3_1r odcinamy po obu stronach punktów *3*, *3*... na pozioméj 33_1, a punkty tém odcięciem otrzymane znakujemy również przez *t* i *r*. Łączące je z punktem *A* proste wyznaczą na liniach *43'*, *53'* w głębi punkty *r'*,*t'*,*t'*,*r'*. Łatwo teraz zrozumieć, że pionowe z tych punktów w górę przetną poziome *II II* i *I I* w *t*, *t*, *r*, *r*..., które punktom *II*, *II*, *I*, *I* lunet z boku odpowiadają. Przez powstałe punkty kreśli się znowu krzywe od ręki.

Na pozioméj *c1* (u góry) leżą oczywiście boki *54*, a na pozioméj *uv* boki *pq* prostokątów znajdujących się pionowo nad prostokątami *45pq* planu. Boki *5p*,*4q* dążą do *A*.

Ze ścianami sali przecinają się lunety w półkolach danych, których średnice jak *qp* widać i w fig. 162_a. Środki kół w głębi leżą na linii *uv*, pionowo nad wyznaczonymi poprzód punktami *i*, *i*... planu. Koła same na téj ścianie wypadną i w perspektywie jako koła geometryczne, w ścianach bocznych zaś należy je nad perspektywicznymi średnicami, jak mm_1 po prawéj, wykreślić. Widać je tylko częściowo.

Fig. 162_a ukazuje w górnéj części przekrój pionowy przez najwyższe punkty dwóch przeciwległych sobie lunet. Widać tam w głębi prócz kół jeszcze ukośne linie proste *jIII*, *jIII* jako linie najwyższe podniebienia sklepień lunetowych,*) w których przeglądają okna. Jest ich w ścianie głębi cztery, t. j. pod każdą lunetą jedno, w ścianach bocznych zaś spostrzegamy otwory okien w ilości o połowę mniejszéj, t. z. pod każdą lunetą drugą. Z prawéj strony widać drzwi do sali, jako tutaj sali koncertowéj. Wznosi się dla tego jeszcze galerya na słupach, których rozmieszczenie i konstrukcyą z rysunku widać.

Lunety wyskakujące ze ścian nie otrzymały podparcia. Zazwyczaj, choć nie zawsze, spoczywają one na konsolach osobno nieraz profilowanych (por. z fig. 227), których w tym przy-

---

*) powierzchnia tego sklepienia jest w tym wypadku wichrowata, może jednak być i walcowa.

kładzie nie dodano, aby wystąpiły wyraźniéj prostokąty poziome, jak $m_1.21$, $m.21$,...

Fig. 162_b przedstawia plan parkietu posadzki. Posadzki saméj perspektywicznie nie wykonano, aby nie zatrzéć wyrazistości w konstrukcyi perspektywicznego planu lunet.

§. 157. Lunety okrągłe. Prócz lunet fig. 162 używa się często i innych, mianowicie okrągłych, jak je uzmysłowia fig. 163. Widać w niéj przestrzeń nakrytą w całéj rozciągłości jedném sklepieniem obłém. Jużto dla urozmaicenia, już dla uzyskania otworów okiennych przebito to sklepienie lunetami, które tu są okrągłe. Ze ścian bocznych występują filary, (jak *acej*... fig. 163_a), pomiędzy którymi lunety się mieszczą i na nich się zarazem wspierają. Rozpiętością sklepienia głównego jest wymiar *cd* (163_a).

Wykr. Po wykonaniu na pł. podstawowéj (fig. 163) planu perspektywicznego rysuje się w punktach *a*, *c*, *e*.. *b*, *d*, *f*... pionowe do stosownéj wysokości (*a* do a_1, *j* do j_1, *g* do g_1...), przez co wyznacza się wierzchy filarów jak $g_1k_1m_1$, $h_1l_1n_1$,... Następnie kreśli się nad perspektywiczną średnicą j_1g_1 ściany pionowéj półkole j_1wg_1, jako zarys lunety, i takież półkola na téjsaméj ścianie pomiędzy następującymi filarami. Kół tych jest tu trzy. Zatoczone ze środka *o* (w wysokości k_1l_1) promieniem $ok_1=ol_1$ półkole przedstawia przekrój beczułki w głębokości *kl*.

Konstrukcya lunet polega na tém, że koło j_1wg_1 ściany bocznéj uważa się jako początek sklepienia obłego, którego kierunek bieży prostopadle do sklepienia głównego. Podniebienie lunety przetnie się z podniebieniem beczułki głównéj w linii krzywéj, o któréj wyznaczenie właśnie rozchodzi się. Jako wstęp do konstrukcyi kreśli się pionową g_1x, która wynika z przecięcia się dwóch płaszczyzn pionowych. Jedną z nich jest ściana pionowa boczna, na któréj leży koło j_1wg_1, drugą zaś płaszczyzna gg_1h_1h równoległa do tła z kołem $k_1w'w'_1l_1$. Następnie obieramy na kole j_1wg_1 pewną ilość punktów, wykreślamy przez nie linie poziome i szukamy miejsc, w których te proste podniebienie sklepienia głównego przetną.

Jeżeli tak np. przez najwyższy punkt *w* koła j_1wg_1 wykreślimy linią *wA* aż do w_1 na g_1x, a z w_1 linią poziomą, to leży ona na płaszczyźnie koła $k_1w'l_1$, przecina je zatem w punkcie *w'*. Linia łącząca punkt ten z punktem *A* mieści się, jak łatwo pojąć, na podniebieniu sklepienia głównego i jest do wykreślonéj poprzód prostéj Aww_1 perspekt. równoległa. Prosta pozioma wreszcie, wychodząca z punktu *w* koła j_1wg_1 leży z prostymi ww_1, w_1w' i Aw' w téjsaméj płaszczyźnie pozioméj, przecina zatem linią Aw' w punkcie *W*. Jako punkt linii Aw' występuje punkt ten na podniebieniu sklepienia, jest więc punktem, w którym pozioma wykreślona przez najwyższy punkt

w koła j_1wg_1 sklepienie główne przebija i należy dla tego już do łuku lunety. W podobny sposób szuka się teraz punktów innych np. punktów *II*, *II*. Obrane na kole j_1wg_1 punkty *2*, *2* leżą na linii dążącéj do *A*. Ta przetnie pionową g_1x w punkcie 2_1, a pozioma z 2_1 koło $k_1w'l_1$ w punkcie *2'*. Prosta *A2'* mieści się na podniebieniu sklepienia głównego i przecina poziome, które przez obrane punkty *2*,*2* przechodzą, w szukanych punktach *II*, *II* lunety. Podobnie wyznaczono w rysunku punkty *I*, *I* i *III*, *III*. – Krzywa $e_1 III\, II\, I\, W\, I\, II\, III k_1$ jest szukaném przecięciem się lunety ze sklepieniem głównném; kreślimy ją od ręki tak, aby w punktach e_1 i k_1 do pionowych ee_1 i kk_1 w punkcie zaś *W* do linii *AW* stycznie przylegała.

Punkty głębiéj położonych lunet mieszczą się wszystkie na wykreślonych przez *w'*,*1'*,*2'*,*3'*... liniach dążących do *A*. Punkty te uzyskamy, jeżeli liniami, które z punktów *w*,*1*,*2*,*3*... (koła j_1wg_1) do *A* dążą, przetniemy resztę kół ściany bocznéj. Stanie się to w podobnie znakowanych miejscach *w*,*1*,*2*,*3*... Wychodzące z nich proste wyznaczą na liniach *AW*, *AI*, *AII*, *AIII*... punkty lunet dalszych. Łączymy je jak przy lunecie pierwszéj.

Do lunet po stronie prawéj dochodzimy już bez pomocy kół ściany pionowéj. Znaczymy tylko na kole $k_1w'l_1$ liniami poziomymi przechodzącymi przez *w'*,*1'*,*2'*,*3'*... tegoż koła punkty $w'_1, 1'_1, 2'_1, 3'_1$.. Przez nie kreślimy proste do *A*. Proste te przetną się z poziomymi punktów *W*, *I*,.. *II*,..*III*,.. strony lewéj w szukanych po stronie prawéj punktach *W*, *I*, *I*... *II*, *II*...

Główną beczułkę przebija się często pionowym otworem walcowym, tak zwaną latarnią, jak i w tym wypadku. Jeżeli rozchodzi się o wyznaczenie linii przecięcia tego otworu z podniebieniem sklepienia, t. j. o krzywą *dbgcfa*, to rysujemy nasamprzód na posadzce plan tego otworu, t. j. koło *a'b'c'd'* o średnicy oczywiście znanéj. Dalsza konstrukcya polega na tém, aby przez kilka punktów tego koła wykreślić linie pionowe i wyznaczyć miejsca, w których one przebijają podniebienie sklepienia. Przygotowując konstrukcyą, rysujemy w dowolném zagłębieniu prostą $p'_1q'_1$. *) Uważamy ją jako rzut podstawowy koła, położonego podobnie jak koło $k_1w'l_1$. Średnica tego koła, t. j. prosta p_1q_1, znajduje się w wysokości średnicy k_1l_1, pionowo nad linią $p'_1q'_1$ planu. Punkty p_1 i q_1 leżą na liniach Ak_1 i Al_1. Środkiem tego koła jest punkt o_1 (na linii *Ao*) pionowo nad punktem o'_1, który połowi długość $p'_1q'_1$ w planie. Zatoczono tedy z o_1 promieniem o_1p_1 koło, a część jego uwidoczniona w *ilnli* leży oczywiście tak, jak koło całe, na podniebieniu sklepienia głównego.

Jeżeli teraz linie planu *Aa'* i *Ab'* aż do punktów *i'*,*i'* (pro-

---

*) **Punkty p'_1 i q'_1 leżą na prostych *Ac* i *Ad*.**

stéj $p'_1q'_1$) przedłużymy i wykreślimy z nich linie pionowe, to nie ulega wątpliwości, że one przetną główną beczułkę nie gdzieindziéj, jak tylko w punktach *i*, *i* koła *ilnli* dopieroco wykreślonego. Linie łączące punkty te z punktem *A* leżą z wszelką pewnością na podniebieniu sklepienia i pionowo nad liniami *Ai'*, *Ai'* planu. Pionowe w punktach *a'*, *b'* planu wzniesione mogą przeto sklepienie przeciąć tylko w jakichś punktach linij *Ai*. *Ai*. Podobnie muszą punkty nad *c'*, *d'* znajdować się na linii *An*, jeżeli punkt *n* koła *ilnli* znajduje się pionowo nad o'_1, który leży w prostéj *Ac'd'*. Możnaby więc punkty *a* i *b* jakoteż *c* i *d* wprost otrzymać jako przecięcia się pionowych w *a'*, *b'* i *c'*, *d'* z liniami *Ai*, *Ai* i *An*. Postępuje się też nie inaczéj, jeżeli przekroje wypadają w rysunku z jaką taką, celom artysty wystarczającą dokładnością.

W fig. 163 łatwo jednak spostrzéc, że pionowe w *a'*, *b'* i *c'*, *d'* z liniami *Ai*, *Ai* i *An* tak niekorzystnie przetną się, że o dokładności rysunku i mowy nie ma. Odcinamy w tym razie nad punktami *a'* i *b'* wysokość *i'i* równającą się perspektywicznie długościom *a'a* i *b'b*; następnie i wysokość o'_1n równającą się perspektywicznie wysokościom *d'd* i *c'c* nad punktami *d'* i *c'*. Dzieje się to za pomocą pośredniéj konstrukcyi pomocniczéj, jak przy odcięciu poszczególnych wysokości w fig. 159. Z dowolnego bowiem punktu *R* na horyzoncie rysuje się linią dogodną *Ry* i wyznacza na niéj punkt *p* w przedłużeniu poziméj $p'_1q'_1$. Z *p* kreśli się pionową *pr*, na któréj pozioma z najwyższego punktu *n* koła odcina punkt *n*, pozioma zaś punktów *i*, *i* tego koła punkt *i*. Następnie prowadzimy linie *Rn* i *Ri*, a na planie poziome przez *c'*,*d'* i *a'*,*b'* aż do *c*, *d* i *a* na *Ry*. Pionowe stąd wyznaczą na *Rn* i *Ri* punkty c_1,d_1 i a_1. Poziome z nich odetną na liniach *An* jakoteż *Ai*, *Ai* szukane punkty *c*,*d* i *a*,*b*.

Dla głębiéj położonéj części krzywéj *abcd* na sklepieniu dobrze będzie szukać jeszcze punktów *f* i *g* między *a*,*c* i *b*,*c*, bo w tych właśnie miejscach linia ta krzywa wykazuje często zmianę krzywizny. Punkty *f* i *g* otrzymamy jak poprzednie po przyjęciu *f'* i *g'* na kole w planie i wykreśleniu z nich linij *Af'* i *Ag'* aż do *l'*,*l'* na $p'_1q'_1$. Pionowo nad *l'*, *l'* leżą na kole *ilnli* punkty *l*,*l*. Z nich wypadnie na *pr* punkt *l*, stąd linia *Al*. Na niéj uzyskamy pionowo nad punktem *f* przecięcia się *Ry* z poziomą *f'g'* planu punkt f_1. Pozioma z niego wyznaczy na liniach *Al*, *Al* szukane punkty *f* i *g*. Przez połączenie punktów *afcgbd* z wolnéj ręki powstaje żądany przekrój.*)

Uwaga. Sklepienie i lunety przedłużono aż do ram obrazu.

---

*) Że między punktami *a* i *c*, *b* i *c* krzywéj téj powstają tak zwane punkty zwrotu czyli zmiany krzywizny, tłómaczy się teoretycznie tém, że powstała krzywa jako przekrój dwóch powierzchni walcowych drugiego

F) Sklepienia kuliste.

Zasadniczą formą tych sklepień jest najczęściéj powierzchnia kuli. Najstosowniejszym więc wstępem do ich konstrukcyi będzie wykreślenie perspektywy kuli. Najczęściéj przedstawiają ją w kształcie koła. Na zapatrywanie jednak podobne bezwarunkowo pisać się nie można, bo niezawsze jest ono uzasadnione. Wypłynie to ze sposobu otrzymania perspektywy kuli w ogólności.

§. 158. Perspektywa kuli jest w ogóle elipsą. Kula znajduje się, jak wszystkie perspektywicznie kreślone przedmioty, po za tłem, a do jéj obwodu dąży z oka pewna ilość promieni widzenia. Wszystkie te promienie tworzą razem powierzchnię stożka, który kuli w pewném kole dotyka. Przetnie ono tło w jakiéjś linii krzywéj, a linia ta jest właśnie perspektywą kuli. Ponieważ jednak jest ona także perspektywą koła, w którém kula ze stożkiem styka się, a perspektywą koła po za tłem będącego jest w ogóle elipsa, w szczególnym tylko wypadku koło, stąd wniosek, że i perspektywa kuli może być tylko w pewnym szczególnym wypadku kołem, w ogólności zaś jest elipsą*).

Szczególny ów wypadek zajdzie oczywiście wtedy, jeżeli koło zetknięcia się stożka widzenia z kulą jest równoległe do tła. To zaś, jak łatwo pojąć, nastąpi tylko wtedy, jeżeli linia łącząca oko ze środkiem kuli jest względem tła prostopadłą. Punktem przecięcia (linii téj i tła) jest punkt oka *A*. Z tego wynika, że środkiem koła, które w tym wypadku byłoby perspektywą kuli, jest punkt oka. Im bliżéj ram obrazu kontur kuli wystąpi, tém wyraziściéj kształt jego eliptycznie wydłuża się; jeżeli zaś kula tak jest za tłem położona, że jéj promienie widzenia niezbyt ukośnie je przecinają, to jéj perspektywa od formy kołowéj nie wiele zbacza.

Rysowanie więc perspektywy kuli we formie koła nie jest w ogólności uzasadnione, a że tu, jak widzieliśmy, elipsa jest częściejszym kształtem, rozchodziłoby się o podanie sposobu łatwego jéj wykreślenia. Nastąpi to drogą pośrednią.

§. 159. Wykreślenie konturu perspektywicznéj kuli. Jeżeli w *o* (fig. 164) znajdujący się punkt pewien w daném zagłębieniu ma być środkiem kuli o promieniu, którego wymiar znamy, to rysujemy tym zmniejszonym stosownie

---

stopnia jest krzywą czwartego rzędu i że jako taka punkty nadmienione posiadać może.

*) Teoretycznie możebny wypadek, w którymby perspektywa kuli przybrała kształt paraboli lub hiperboli, jest praktycznie bez znaczenia. (Por. §. 130).

do głębokości punktu *o* promieniem koło *abcd*. Można je uważać jako perspektywę kołowego przekroju kuli z taką płaszczyzną pionową, która przechodząc przez środek kuli była do tła równoległą. Że zaś każde koło, którego płaszczyzna przechodzi przez środek kuli, nazwać możemy jéj południkiem, to da się także powiedzieć, że rozpoczynamy rysunek wykreśleniem perspektywy równoległego do tła południka kuli. Następnie wyznacza się dwie średnice koła *abcd*; pionową z nich *cd* nazywać będziemy osią kuli.

Teraz rysujemy perspektywiczne koło poziome o średnicy *ab*. Prostopadła do niéj *fg* dąży jak wiadomo do *A*, a długość *fg* uzyskuje się za pomocą punktu $D/_4$ na horyzoncie. Koła takie, których płaszczyzny są do osi kuli prostopadłe, zowią się równoleżnikami téjże, a największy między nimi, który właśnie wykreślono, równikiem. Obecnie przyjmuje się na osi *cd* punkty o_1, o_2, o_3... jako środki innych równoleżników. Rysując je kreślimy jedne z ich średnic do *A* (linie *rs*, *tu*...), drugie zaś są poziome (linie *xy*... *vw*) a kończyny ich znajdują się w kole *abcd*. Po otrzymaniu wszystkich tych kół równoleżnikowych łączy się punkty *c*, *r*, *f*, *t*, *d*, *u*, *g*, *s* linią krzywą, w któréj każdy łatwo pozna koło pionowe. Przechodzi ono przez oś kuli *cd* i stanowi jeden z jéj południków. Rzeczą jest przy tém niezbędną, aby koło to do prostych *cA* i *dA* stycznie przylegało (jak równoleżniki do prostych *xA*, *yA*, *aA*, *bA*... *vA*, *wA*...).

Koła równoleżnikowe jak niemniéj południk *cfdg* występują w każdym razie poza obręb koła *abcd*, a to tém więcéj, im bardziéj kontur kuli na tle do ram obrazu zbliża się. Wszystkie te koła jednak leżą koniecznie na kuli, perspektywy ich zatem nie mogą w żadném miejscu poza obwód perspektywy kuli wykraczać. Z tego wynika, że perspektywą kuli jest linia krzywa obwiedna występujących w rysunku kół, t. j. linia, która obejmuje wszystkie te koła i z każdém z nich w dwóch punktach się styka. Krzywa ta jest elipsą i styka się z wyznaczoném najsampierw kołem południka *abcd* w punktach *m* i *n*. Punkty te można otrzymać wprost jako punkty zetknięcia się koła *abcd* z liniami stycznie doń z punktu *A* poprowadzonymi. *)

Sposób taki kreślenia perspektywy kuli nie nasuwa tedy żadnych trudności. Szczególnéj jednak wagi dla dokładności jéj rysunku jest południk *cfgd*, wskazujący w dolnéj i górnéj

*) Że w linii *Ao* leży zarazem wielka oś elipsy nadmienia się tylko mimochodem, gdyż okoliczność ta jest dla artysty małéj wagi.

swéj części, o ile kontur eliptyczny po za obwód koła *abcd* u dołu i góry wykracza.*)

§. 160. Kilka uwag natury artystycznéj.**) Rozpatrywanie poprzednie niemałéj jest doniosłości przy rysowaniu postaci ludzkiéj. Kształt głowy, zbliżając się w ogólności do kształtu kuli, wymaga, aby się wskazówkami, podanymi przy rysowaniu kuli, i przy rysunku głów ludzkich (rozumie się większych rozmiarów) liczyć. Jeżeli, jak wyżéj podniesiono, kontur kuli wystąpi tém wyraziściéj we formie eliptycznéj, im bliżéj się ona ram obrazu znajduje, to okoliczność tę w kompozycyi, gdzie znaczniejsza liczba osób wchodzi, tém bardziéj uwzględnićby należało, im bliżéj brzegu obrazu dotyczącą osobę ustawiono. Prawidła perspektywiczne bowiem tyczą się nie tylko przedmiotów martwych lecz zarówno i osób z ruchem i życiem. Każdy przeto rysunek z modelu żywego jest właściwym rysunkiem perspektywicznym; tłem jest płaszczyzna papieru lub płótna a przedmiotem ustawiony za tłem człowiek. Perspektywa jego sporządzona oczywiście od oka i ręki bez pomocy cyrkla i lineału powinnaby teraz na tle tak wypaść, ażeby w razie ustawienia obrazu w należytém miejscu pomiędzy modelem a okiem kontury rysunku z konturami modelu się kryły. Z okoliczności zaś, że przy oddaniu kształtów figury ludzkiéj i poszczególnych jéj części nie można ze ścisłych konstrukcyj perspektywicznych korzystać w téj mierze, jak przy rysunku form architektonicznych, wypada, iż tylko ogromna wprawa rysunkowa, długiém i mozolném ćwiczeniem nabyta i przy tém wszystkiém z ogólnymi prawami perspektywy się licząca, konstrukcye owe ścisłe w tym wypadku zastąpić zdoła.

---

*) Sposobu tego zapewniającego w istocie wcale poprawny a dla celów malarstwa wystarczający rysunek nie wszyscy autorowie zalecają. Tak np. radzi Heine »Practischer Unterricht in perspectivischen Zeichnen« Leipzig 1854 na stronie 23—25 rysować kontur kuli za pomocą jéj pionowych równoległych do tła przekrojów i upatruje dogodność téj metody w tém, że koła te i w perspektywie jako takie przedstawiające się łatwiéj rysować. W tym względzie ma wprawdzie słuszność, kreślenie jednakowoż linii obwiednéj do tych kół, a więc kontur kuli, nie wypadnie wtedy tak poprawnie, jak metodą powyżéj podaną. Taksamo postępują Peschka i Koutny »Freie Perspective in ihrer Begründung und Anwendung« Hannover 1868 str. 267—269. Podobne zapatrywania wypowiedział Cuny »Zasady perspektywy linijnéj« Warszawa 1873 str. 30 i 31, ganiąc przy tém Schreibera za używanie metody powyżéj rozwiniętéj. Takiesamo zdanie znajdujemy u Pawła Heinekena w dziele »Ein heller Spiegel der Perspective« Augsburg już w r. 1727 str. 7. Dotyczące wykreślenie wykonał on w fig. 13 poprawnie w zasadzie jakkolwiek sposobem nieco żmudnym.

**) Zawdzięczam je w części uprzejmości mistrza Matejki, który w niejednym względzie na niniejszą pracę zdaniem swém wpłynął, w części dziełu Fieldinga »Synopsis of practical perspective« London 1836 str. 30 i 31, jakoteż Suttera »Nouvelle théorie simplifiée de la Perspective« Paris 1859 str. 33.

Uwagi te szczególnie uwzględnić należy przy rysowaniu portretów. Bardzo trafnie wyraża się o tém Fielding na stronie 30 i 31 swojéj książki. Mówi on tam: „W żadnym dziale malarstwa nie przyczynia się perspektywa bardziéj do doskonałości wykonania jak w portretach, jakkolwiek pozostawioną być tu musi oku i ręce. Jeżeli twarz przedstawia się en façe, to chyba zwrócić uwagę należy na wysokość jéj powyżéj lub poniżéj linii horyzontu, gdyż proste, na których się mieszczą oczy, brwi, usta etc. jako równoległe nie mają w tym wypadku dążności zbiegania się czyli innymi słowy zmierzania do punktu zbiegu. W razie atoli, gdy jedna połowa twarzy odwróconą jest od widza, staje się ona pozornie od drugiéj bliższéj co do wymiarów swych krótszą; — z konieczności wtedy linie owe proste tracą w rysunku swoję równoległość i zeszłyby się w przedłużeniu w pewnym punkcie, którýby się ich punktem zbiegu nazywał. Ścisłe przestrzeganie téj okoliczności szczególny nadaje urok portretom z rąk znakomitych artystów. Początkującemu wyda się to dziwném, aby rysować jedno oko większém od drugiego lub wprowadzać różnice między odległością oka od ust na bliższéj a daléj względem widza położonéj połowie twarzy; lecz nie wiele nauki potrzeba do wykazania téj konieczności i już mierny stopień artystycznego doświadczenia wykaże, że niepodobna oddać wyrazu wzniosłości lub słodyczy bez jaknajskrupulatniejszego przestrzegania praw perspektywy. Skrupulatność ta nie ogranicza się do twarzy samych, domagają się jéj i inne części postaci ludzkiéj w równéj mierze: ręce np. wysuniętéj nada rysunek większe rozmiary niż ręce spoczywającéj w głębi. Do biegłości w tego rodzaju przedstawieniach dochodzi się wykreślaniem przedmiotów bardziéj niż postać ludzka foremnych a utrwalone tą drogą zasady, bez znajomości których pędzla do ręki niktby brać nie powinien, umożebnią właściwie dopiero rysowanie każdego przedmiotu z natury".

W téjsaméj sprawie powiada Sutter: „Szczególnéj wagi dla malarza figur ludzkich jest należyte studyowanie rozmaitych przekrojów kuli (t. j. południków i równoleżników), gdyż znajomość ta niezbędną jest dla poprawności rysunku głowy we wszystkich jéj możebnych położeniach. Wiadomo, że przesuwamy przez środek twarzy koło pionowe (południk kuli), które się zawsze pod kątem prostym z kołami poziomymi (równoleżnikami), przesuniętymi przez oczy, nos i usta przecina. Że zaś koła te w nieskończenie rozmaitych widokach przedstawiać się mogą, a to jak do rozmieszczenia figur na obrazie, dlatego dokładne obznajomienie się z nimi jest konieczne".

(Narysuj kulę znacznie poniżéj, następnie powyżéj horyzontu, po prawéj jakoteż lewéj stronie punktu oka, i porównaj

ze sobą równoleżniki na widoméj półkuli występujące, na których oczy, nos i usta wypadną*).

§. 161. Podział powierzchni kuli południkami i równoleżnikami. Potrzeba podziału tego na rysunkach perspektywicznych, w których kula występuje, częstokroć zachodzi. Dzieje się to zwykle w celach dekoracyjnych.

Wykr. Co do równoleżników, to po przyjęciu koła jak *abcd* fig. 164 nie ulega uzyskanie ich żadnéj trudności. Co się zaś tyczy południków, to sposób postępowania wskazuje fig. 165. Po otrzymaniu w niéj perspektywy kuli w sposób wyżéj podany kreśli się — najlepiéj po za obrębem właściwego rysunku — linią pomocniczą *ab* i znaczy na niéj odcinki *ab*, *cd*, *fg*. Równają się one znakowanym podobnie średnicom równoleżników, które w celu otrzymania perspektywy kuli poprzód wykreślono. Zatoczone nad tymi odcinkami półkola są geometryczném wyobrażeniem owych równoleżników. Największe z tych kół dzieli się następnie na tyle równych części, ile południków na połowie kuli uwidocznić chcemy (w tym wypadku sześć) i kreśli linie *o1*, *o2*... *o5*, przez co i na innych półkolach równe części wystąpią. Spuszczając teraz z punktów *1*, *2*, *3*... pionowe aż do *1'*, *2'*, *3'*... średnicy *ab* na kuli i kreśląc linie *A1'*, *A2'*... uzyskujemy na równiku punkty *a*, *1*, *2*... *5* tak, że części równika *a1*, *12*, *23*... są perspektywicznie jednakowymi wymiarami. Postąpiwszy taksamo z punktami $1_1, 2_1$... koła drugiego, otrzymamy na średnicy *cd* równoleżnika kuli punkty $1'_1, 2'_1$... a linie $A1'_1, A2'_1$... wyznaczą na drugim równoleżniku punkty 1_1, 2_1... Po powtórzeniu téj konstrukcyi na wszystkich równoleżnikach łączy się w końcu otrzymane tak punkty, t. j. punkty $1, 1_1$... ze sobą i dochodzi do jednakowo od siebie oddalonych południków. Muszą one wszystkie przejść oczywiście przez kończyny *x*, *y* osi kuli.

W rysunku uwydatniono tylko górną półkulę. W rysunkach architektonicznych bowiem występuje zwykle tylko półkula, a to widziana albo ze strony zewnętrznéj, wypukłéj, jak

---

*) Wręcz przeciwnie a mylnie zapatruje się na tę sprawę Moreau »Leçons de Perspective linéaire« Bruxelles 1867. Czytamy tam na str. 76: »Zdaje się, iż nie należy rysować pewnych ciał obrotowych (a więc i kuli) w inném, jak tylko w położeniu jakoby wprost naprzeciwko siebie, jakiekolwiekby wreszcie miejsce punkt oka zajmował. Wymaga tego dobry gust artystyczny. Podobne pomijanie reguł perspektywy ma zawsze racyą, gdyż milcząco się je przypuszcza. Czy widziano kiedykolwiek, ażeby np. w obrazie kulę przedstawiono eliptycznie lub głowę najbliższego planu wydłużono dla tego, że się znajduje powyżéj lub poniżéj horyzontu etc.? Bynajmniéj. Wolno więc z tego wnosić, że niewszystko jest niezmienném w teoryi perspektywy, że przedstawienie ścisłe może nie zadowolić, że artyście wykształconemu i doświadczonemu wolno wprowadzić zmiany, które za dobre uzna. Kwestya ta od dawna stanowi sprawę sporną między artystami i daleko jeszcze do jéj rozwiązania.«

w fig. 165 (np. widok zewnętrzny kopuły) albo też ze strony wklęsłéj, wewnętrznéj, jeżeli przedstawia podniebienie sklepienia kulistego, na które oko z wewnątrz spogląda. *)

§. 162. Sklepienie kuliste. Występuje ono w fig. 166 **). Z kuli widzi się tu oczywiście górną półkulę z dołu i to nie całą, lecz część jéj tylko.

Opis ogólny. W rysunku geometrycznym (lewéj jego połowie fig. 166_a) widać prostokąt *HhlL*. Środek jego *o* jest zarazem środkiem półkuli, któréj promień wynosi $oh = ol$. Półkulę tę obcięto z czterech stron płaszczyznami pionowymi, t. j. płaszczyznami *Ll*, *lh*, *hH* i czwartą z prawéj strony tak, że tylko powierzchnia zawarta między powstałymi w ten sposób czterema półkolami, których średnice równają się wymiarowi *hl* (166_a), jest przedmiotem konstrukcyi. Półkola te widać w fig. 166, a mianowicie półkole h_1Hh_1 w głębi w całości a po bokach części h_1l i h_1l. Czwartego, odpowiadającego linii *Ll* w 166_a, nie widać, gdyż zasłania je beczułka o kasetonach prostokątnych na podniebieniu. Sklepienie to długości *df* (166_a) wystaje poniżéj powierzchni kulistéj grubością $lf = cd$ (c_1d_1, vv_1... c_1d_1 w fig. 166). Przed niém występują po obu stronach szerokie i grube podłęcza, jak u brzegów fig. 166 widać. Szerokość ich w 166_a jest *ab*, grubość zaś *bc*.

W głębi po za łukiem h_1Hh_1 widać wnękę (nyszę), którą tworzy ćwierćkula. Spoczywa ona na walcu pionowym i stanowi razem z nim wydrążenie w murze leżącym w głębi. Rozpiętość jéj k_1k_1 widać w górnéj części fig. 166_a jako koło o promieniu $o''k''$. W téjże figurze przedstawia koło o promieniu $o''d''$ widok beczułki z kasetonami, których geometryczne wymiary przy *1, 2, 3, 4, 5, 6* fig. 166_a występują, koło zaś o promieniu $o''h''$ widok łuków, jak h_1Hh_1 (166) wyżéj już nadmienionych. Na ostatek widać w łuku kołowym o promieniu $o''h$ i spółśrodkowym z nim drugim przekrój przez najwyższy punkt sklepienia kulistego samego.

---

*) Perspektywa kuli stanowi wyborny przykład uzasadniający nieprzychylny sąd, jaki w §. 1 o utartéj poniekąd definicyi perspektywy wydano. Definicyą tą, jakoby »perspektywa miała przedstawiać przedmioty na rysunku tak, jak się z pewnego stanowiska wydają« posługują się wprawdzie rozliczni autorowie, jak np. Hönig Wien 1845 str. 486; Stampfl Wien 1846 II tom str. 115; Heine Leipzig 1854 str. 1; Schoen Wien 1863 str. 5; Łuszczkiewicz »Teorya Perspektywy« Kraków str. 2 (autografowane); Żebrawski »Słownik wyrazów technicznych« Kraków 1883 str. 210; Moreau Bruxelles 1867 str. 1 — mimo to jednak zupełnie ścisłą ona nie jest. Według niéj musiałaby perspektywa kuli być w ogóle kołem, gdyż jakkolwiekbądź i skądkolwiekbądź na kulę patrzymy, wydaje nam się okrągłą a nigdy podłużną. Że jednak, jak udowodniono, perspektywiczny kontur kuli w ogólności musi być elipsą, przeto definicya owa jako sprzeczna z wypadkiem tym nie jest ścisłą. Podobną sprzeczność wykaże jeszcze §. 179.

**) Wyjęta częściowo z Adhémara »Traité de Perspective etc.«

§. 163. Beczułka z kasetonami. Wykreśliwszy dla pomocniczego planu perspektywicznego pomocniczy horyzont $H'H'$ (z punktami A' i $D'/_4$) i linią podstawową $P'P'$, rysujemy plan ten poniżéj figury głównéj, przyjmując linią MN (fig. 166_a) jako położoną na linii $P'P'$ i podwajając wymiary fig. 166_a. Po jego wykreśleniu prowadzi się dla rysunku właściwego horyzont HH i linią podstawową PP. Punkty A i $D/_4$ leżą na HH a pionowo nad A' i $D'/_4$. Przedłużając teraz linie $A'bc$ i $A'd$ planu do B' i D' linii $P'P'$ i kreśląc z punktów tych pionowe aż do B i D linii PP, uzyskujemy w liniach AB i AD proste położone pionowo nad $A'B'$ i $A'D'$ planu pomocniczego (§. 112, fig. 124). Na owych liniach, t. j. AB i AD a pionowo nad punktami b, c, d... tego planu rozpoczyna się w punktach b'_1, c'_1, d'_1... rysunek właściwy. Po wzniesieniu pionowych w c'_1 i d'_1 aż do stosownéj (dowolnéj lub danéj) wysokości, a więc do c_1, d_1 po obu stronach, można ze środka o narysować koła c_1Cc_1 i d_1Dd_1. Przedstawiają one grubość beczułki. Podobnie uzyskuje się f_1f_1 jako średnicę koła o środku f, które zamyka sklepienie to w głębi. Spostrzegamy na niém, licząc na głębokość, kasetonów trzy. Przedstawiono je stósownie do planu geom. w planie perspektywicznym przy *1, 2*; *3, 4*; *5, 6*. Kontury ich są z dwóch stron liniami prostymi, które leżą na podniebieniu sklepienia i dążą do A, z drugich dwóch takimi jak koła c_1Cc_1 i d_1Dd_1 kołami. Okoliczność ta nie wymaga dowodzenia. Sieć, którą kasetony na podniebieniu sklepienia tworzą, uzyskamy wyrysowaniem owych kół i linij prostych.

Dla otrzymania tych ostatnich dzieli się koło d_1Dd_1 od d_1 wychodząc, lub lepiéj od innego cokolwiek wyżéj na kole położonego punktu m, na części jak mn i nr występujące na przemian. Części te dobrano oczywiście tak, aby najwyższy punkt D koła połowił albo część mniejszą nr, albo co lepiéj szerokość kasetonu mn. Z otrzymanych tak punktów m, n, r, s, t, u, v... wykreślone do A linie proste tworzą część wyż wspomnianéj sieci. Do wykreślenia potrzebnych jeszcze kół należy wyznaczyć ich środki i promienie. Środki wszystkie leżą oczywiście na prostéj, która łączy środek o z punktem oka A. Jeżeli teraz wykreślimy linie Ad_1, Ad_1 po obu stronach, z punktu *1* planu po stronie prawéj wzniesiemy pionową aż do punktu *1* linii Ad_1 a z niego poziomą, to przetnie ta ostatnia prostą Ao w punkcie *1*. Jest on oczywiście środkiem, długość zaś *11* téj pozioméj promieniem koła, w którém się rozpoczyna pierwszy rząd kasetonów. Koło to da się teraz wykreślić; sięga ono aż do linii Am. Podobnie jak punkt *1* otrzymano z prawéj strony na Ad_1 punkt *2* pionowo nad punktem *2* planu. Pozioma z niego odetnie na Ao środek koła nowego, które promieniem *22* zatoczone zamyka na podniebieniu sklepienia pierwszy rząd kasetonów. W tensam sposób dochodzi się za

pomocą pionowych z punktów planu do reszty kół. Między nimi a prostymi, które poprzednio do *A* wykreślono, mieści się kontur otworu kasetonów, jak *pqrs*. Rozchodzi się obecnie jeszcze o wymiar ich wcięcia w głąb beczułki.

Jeżeli wcięcie to, wzięte z planu geom. 166_a, przedstawia się w planie perspektywicznym po prawéj stronie przy *22'*, *44'*.., wówczas rysujemy przez punkty *2'*, *4'*.. planu linie pionowe aż do przecięcia się z wykreślonymi poprzednio poziomymi punktów *2*,*4*.. w górze i uzyskujemy na nich punkty *2'*, *4'*. Koła z poprzednich środków *2*, *4*, *6* promieniami *22'*, *44'*, *66'* zatoczone są granicą wcięcia. Linie proste *2'A*, *2'A*, jak niemniéj dążące do środka *2* linie *22'*, *22'* uzupełnią rysunek pierwszego i drugiego kasetonu w rzędzie pierwszym.— Podobnie widać w drugim z kasetonów drugiego rzędu po stronie prawéj linią *44'* idącą do środka *4*, jakoteż linią *4'A*. Taksamo we wszystkich innych tegoż rzędu. W końcu wykreślono dla kasetonów ostatniego szeregu proste *66'* do środka *6* i linią *6'A*.

Podłęcza brzeżne, zbliżające się do tła i w części tylko na rysunku występujące, rozpoczynają się w punktach c_1, e_1 i mają taką jak koło c_1Cc_1 rozpiętość. Wykreślono tedy sposobem znanym z lewéj strony koło $c_1s_2t_2u_2v_2$ (środek jego jest *C* na Ac_1) jakoteż naprzeciw niego położone ze strony prawéj. Na linii Ac_1 naznaczono następnie pionowo nad punktem *b* planu punkt *b* i wyrysowano koło *bL* o środku *C* a perspektywicznym promieniu *Cb* jako kontur podniebienia podłęcza z lewéj strony. Na poziomé z *b* i pionowéj a'_1a znachodzi się punkt *a*, t. j. początek łuku oznaczającego szerokość podłęcza, w którego podniebienie kasetony takie jak przedtem wciąć zamierzamy. Potrzebny do tego podział wypaść ma tak jak na kole d_1Dd_1. Rysujemy w tym celu przez punkty *m*,*n*,*r*,*s*,*t*... tego koła promienie jego aż do m_1,n_1,r_1,s_1.. a z nich poziome aż do $n_1,r_1...u_1,v_1$ linii m_1w, która jest wspólną krawędzią płaszczyzn obu kół c_1Cc_1 i bocznego $c_1u_2v_2$. Linie łączące punkty $n_1,r_1..u_1,v_1$ prostéj c_1w z punktem *A* odetną na kole $c_1u_2v_2$ punkty n_2, r_2.. u_2, v_2, które odpowiadają punktom n_1, r_1., u_1, v_1 koła c_1Cc_1. Przez połączenie punktów n_2, r_2... ze środkiem *C* dochodzi się na kole *bL* do punktów *n*, *r*, *s*, *t*.., odpowiadających znakowanym taksamo punktom koła d_1Dd_1. Linie poziome z otrzymanych punktów koła *bL* są teraz na podniebieniu podłęcza témsamém, czém były proste *An*, *Ar*, *As*, *At*... na podniebieniu beczułki.

Koła ograniczające kasetony podłęcza, których głębokość wcięcia xx_1y_1y na planie perspektywicznym stósownie do geometrycznego się przedstawia, uzyskamy przez wykreślenie linii pionowych z punktów *x*, *y* planu aż do *x'*, *y* linii *ab*. Otrzymane na niéj odcinki *ax'*, *by'* należy tylko na poziomych wy-

chodzących z innych punktów koła bL perspektywicznie odciąć. Powstaną tak koła $y'M$ i $x'RT$, które bez obawy niedokładności w rysunku można i od oka wykreślić. Uważać tylko koniecznie wypadnie, aby odległość tych łuków od kół jak bL w miarę zbliżania się do góry coraz się zwiększała. (Dlaczego?) Środek koła $x'RT$ leży oczywiście w przecięciu się poziomej ze środka C z prostą Ax'. Jest nim punkt C'. Odpowiada on środkom $2, 4, 6$ kasetonów beczułki.

Dla otrzymania głębokości wcięcia, którego wymiar, jak widać w fig. 166_a, wynosi $xx_1 = yy_1 = \frac{1}{2} \times bc$, t. j. połowę grubości podłęcza, najlepiéj narysować między kołami zaznaczającymi owę grubość, t. j. między $c_1 u_2 v_2$ i bL koło trzecie pq bez konstrukcyi tak, aby od oka odstęp między tymi kołami połowiło. Dokładność ta wystarczy. Koło pq przecina się z liniami Cvv_2, Ctt_2, Crr_2 w punktach $1, 2, 3$... Poziome z nich przecinają się z liniami $C'T$, $C'R$.. w punktach II, III.. Proste $RIII$, TII... odpowiadają prostym wychodzącym z punktów środkowych $2, 4, 6$ kasetonów na sklepieniu, t. j. prostym $222'$, $444'$, $666'$. Przez otrzymane punkty II, III, IV.. przechodzi koło odpowiadające owym kołom, które promieniami $22'$, $44'$, $66'$ ze środków 2, 4, 6 przy kasetonach poprzednich wykreślono.

W dalszych częściach figury rysuje się przez punkty g, h planu perspektywicznego pionowe, a to aż do punktów g_1, h_1 linij Ac_1. W przecięciu się pozioméj $h_1 h_1$ z linią Ao znachodzi się środek e koła, które promieniem eh_1 jako koło $h_1 H h_1$ zaraz wykreślić można. Podobnie i drugie nad średnicą $k_1 k_1$, przedstawiające rozpiętość wnęki. Z punktów g_1 i h_1 wychodzą po obu stronach koła, których promienie równają się, jak z planu 166_a widać, wymiarom zh i zg, t. j. wymiarom téjsaméj w perspektywie długości, co promienie eh_1 i ek_1 kół w głębi. Środek ich perspektywiczny mieści się oczywiście na linii $Ag_1 h_1$ pionowo nad punktem z planu perspektywicznego. W rysunku widać z nich tylko części, jak $h_1 l$.

§. 164. **Podniebienie bani.** Pomiędzy kołami $h_1 H h_1$ w głębi a bocznymi $h_1 l$ i $h_1 l$ umieszczono sklepienie kuliste czyli banię. Środek o'' téj kuli występuje pionowo nad punktem o planu w średnicy $p'p'$, którą pionowo nad średnicą pp planu w téjsaméj wysokości, co początek $c_1 c_1$ beczułki wyznaczono. Ze samego sklepienia kulistego żadne nadto kontury oku nie przedstawiają się. W budownictwie jednak, gdzie do złożenia sklepień takich często używają kamieni ciosowych, widać na jego podniebieniu stosugi łożyskowe i spojenia. Przez wyrażenie tych stosug w perspektywie zyskuje rysunek bani na wyrazistości. Mają one zawsze położenie równoleżników i południków, rysunek ich wykonuje się tedy jak w fig. 165. Dla szczególnego tu wypadku powtórzono wykreślenie w fig. 166_b.

W fig. téj przyjmujemy dla uproszczenia w przedłużeniu horyzontu *HH* fig. 166 punkty *A''* i *D''/₄* jako odpowiadające punktom *A* i *D/₄*, daléj na poziomych z *o''* i *e* punkty *o''* i *e*, położone zupełnie taksamo względem punktu *A''* jak w fig. 166. Rysujemy następnie ze środka *e* promieniem *eh*=*eh* (z fig. 166) półkole (z braku miejsca niecałe), ze środka *o''* promieniem *o''p'* półkole *p'zO*, a nareszcie perspektywiczne półkole *hz* odpowiadające kołu h_1l (z fig. 166). Figura tak uzyskana jest tedy kopią pewnéj części fig. 166. Koło ze środka *o''* o promieniu *o''p'* jest przecięciem powierzchni sklepienia płaszczyzną, przechodzącą przez najwyższy punkt téj powierzchni tak, że zawarte między kołami *hH*, *hz* i *p'zO* podniebienie sklepienia jest częścią wklęsłéj półkuli widzianéj z wewnątrz, podczas gdy w fig. 165 przedstawiono część wypukłéj półkuli widzianéj z zewnątrz. Koło *p'zO* spełnia tu tosamo zadanie, co koło *abcd* w fig. 164; na jego obwodzie leżą tedy kończyny poziomych średnic wszystkich równoleżników. Ponieważ w równoleżnikach tych poszczególne warstwy kamieni między sobą na podniebieniu sklepienia się stykają, a warstw tych ze względów konstrukcyjno-budowniczych musi być ilość nieparzysta, przeto dzielimy koło *p'zO* na nieparzystą ilość równych części, tu na *13*. Wykreślone przez punkty podziału *1*, *2*, *3*... linie poziome są właśnie średnicami równoleżników, które tak jak w fig. 164 rysujemy. Głównie zajmą uwagę oczywiście te tylko części, które się mieszczą między łukami stanowiącymi granice bani.

Chodzi teraz jeszcze o wyznaczenie stosug spojenia poszczególnych kamieni, które idą w kierunku południków. W tym celu dzieli się równoleżniki na pewną ilość części jak w fig. 165. Pod średnicą *o''p'* wyrysowano bowiem koła o promieniach *o''6'*, *o''5'*... *o''1'*, t. j. znakowanych taksamo jak promienie równoleżników. Koło największe podzielono w punktach *a*, *b*, *c*... na dziewięć części (tu mogą być ilości i parzyste) i poprowadzono promienie do *o''*, przez co podział i na kołach mniejszych wypadnie. Dalsze postępowanie tłómaczy konstrukcya wykonana np. na kole o promieniu *o''4'*. Kreślimy tu przez punkty a'_1. b'_1... tego koła linie pionowe aż do punktów a_1, b_1, c_1... średnicy *49* odpowiedniego na kuli równoleżnika i łączymy uzyskane te punkty z punktem *A''*. Powstałe tak linie odcinają na równoleżniku punkty *A*, *B*, *C*... W podobny sposób dochodzi się i na innych równoleżnikach do takich punktów (patrz równoleżniki *58* i *3*, *10*). Linie krzywe łączące wszystkie punkty *aAa*..., *bBb*..., *cCc*... są właśnie południkami, które jednak stosownie do prawideł wiązania w takich sklepieniach kamieni rysujemy nie bez przerwy, lecz, jak w rysunku widać, w warstwach na przemian. Pomiędzy tak otrzymane południki można wmieszczać inne od oka, jak

I I..., *II II...*, *III III...*, rysując je we warstwach poprzednio wypuszczanych. *)

Rysunek tym sposobem powstający można było w fig. 166 i wprost wykreślić, a wykonano go osobno tylko ze względu na większą dokładność i jasność sprawy. — Przenosi go się teraz wprost do fig. 166.

Ponieważ daléj jak widać między wielkimi łukami bocznymi $c_1 u_2 v_2$ i łukiem $c_1 C c_1$ beczułki zawieszono takież samo sklepienie kuliste, sięgające ram obrazu, to należy jego rysunek aż do tych ram uzupełnić. Najkorzystniéj sprowadzić tu: Punkty *R*, *S*, *T*, *U*, *V*, *W* za pomocą linij łączących je z *A* do znakowanych taksamo punktów koła $c_1 C c_1$, podobnie i punkty *K*, *L*, *X*, *l*, łuku *hl* do punktów podobnie znakowanych na łukach bocznych $c_1 u_2 v_2$. Przez odpowiednie połączenie tych punktów powstają równoleżniki i południki na widoméj na obrazie części sklepienia z dostateczną jeszcze dokładnością.

§. 165. W n ę k a w g ł ę b i. Na jéj części walcowéj $k_1 k_1 k'_1 k'_1$ można stosugi łożyskowe kamieni bezpośrednio otrzymać. Wypadnie narysować poziome koło o średnicy $k_1 k_1$, którém się kulista część wnęki rozpoczyna, niemniéj koło o średnicy $k'_1 k'_1$ na posadzce, a następnie wysokości $k_1 k'_1$ jakoteż inne od dolnego do górnego koła sięgające pionowe podzielić na jednakową ilość równych między sobą części. Punkty tak powstałe łączy się liniami krzywymi; są to już koła poziome (tém mniéj zakrzywione im bliżéj horyzontu) wyznaczające stosugi łożyskowe. Stosugami spojenia są linie pionowe, które układają się nad sobą w warstwach na przemian. Co do k u l i s t é j części wnęki, to i tu nie widać na powierzchni ćwierci kuli, która ją stanowi, żadnych wybitnych konturów, a wyrazistość uzyskuje się i w tym wypadku jedynie przez uwidocznienie stosug łożyskowych i stosug spojenia poszczególnych ciosów. Sposób konstrukcyi saméj przedstawia fig. 166_c, wykonana w rozmiarze nieco większym. Punkt *A* nie znajduje się tu w samym środku ale cokolwiek z boku. Na horyzoncie widać punkt $D/_2$.

Po narysowaniu pozioméj linii *kk* wykreślono nad nią ze środka *o* półkole *kKk* a następnie perspektywiczne koło poziome $k c_1 c_1 k$ ($o o_2$ równa się perspektywicznie promieniowi *ok*). Stosugi łożyskowe jak *111*, *222*, *333* są w tym wypadku wielkimi kołami (południkami) kuli, ale przechodzą teraz przez poziomą jéj średnicę i dzielą koła pionowe na niéj, jak *kKk*, $b_1 B b_1$, $c_1 C c_1$ na równe części. Ilość tych jest n i e p a r z y s t a, jak tu na kole *kKk* dziewięć. Aby otrzymać koło pionowe na

*) W wyższych warstwach, jak np. między równoleżnikiem *5* i *6*, gdzie kamienie zamałe wypadną, można z dwóch jeden zrobić albo stosugi inaczéj cokolwiek ułożyć. Będzie to odpowiadało temu, co w praktyce budowniczéj jest rzeczą powszednią.

kuli, którego promień by był np. *oa*, rysujemy tylko prostą *Aa* aż do punktu b_1 koła poziomego kc_1k. Pozioma z b_1 przecina to koło drugi raz jeszcze w punkcie b_1, odcinek b_1b_1 jest średnicą szukanego koła na kuli, a środek jego o_1 leży w przecięciu się linii b_1b_1 z prostą *Ao*. Żądaném kołem byłoby b_1Bb_1.

Przy takiém postępowaniu zależy atoli dokładność konstrukcyi od koła kc_1k, a raczéj od otrzymanych na niém punktów b_1, b_1. Te jednak wypadają często niedość dokładnie. Lepiéj byłoby otrzymać tak punkt o_1 jak i punkty b_1, b_1 bezpośrednio. Nie sprawi to trudności, jeżeli się zważy, że zagłębienie punktów b_1 poza *kk*, t. j. długość ab_1 równać się przecież musi długości pionowego odcinku *ab* między *a* a kołem *kKk*, taksamo jak długość promienia koła kc_1k, który do *A* dąży, równa się promieniowi *oK* koła *kKk*, długość oo_1 zaś jest takasama jak ab_1. Znaczymy tedy na *kk* od *o* wychodząc długość $of = \frac{1}{2} \times ab$ (dla $D/_2$), a linia $fD/_2$ odcina na *Ao* punkt o_1. Promień o_1b_1 między *Ao* i *Aa* wypada teraz dokładnie, a koło b_1Bb_1 da się poprawnie wykreślić. Dzielimy je również na dziewięć geom. równych części. Podobnie postępuje się i z trzeciém kołem, którego promieniem ma być *oc*. Rysujemy pionową *cd* i odcinamy $og = \frac{1}{2} \times cd$. Prosta $gD/_2$ odznaczy na *Ao* punkt o_2, a pozioma z o_2 przetnie prostą *cA* w punkcie c_1. Promieniem o_2c_1 rysuje się koło c_1Cc_1 i dzieli je na dziewięć równych części.

Przez połączenie punktów, jak *111*, *222*, *333*... powstaną linie krzywe, które są stosugami łożyskowymi ciosów. Co się tyczy stosug spojenia, to są to koła, których środki leżą na prostéj *Ao*. Szuka się ich jak dla kół b_1Bb_1, c_1Cc_1. Tak np. dla stosug tworzących koło *lLl* leży środek między o_1 i o_2 na linii *Ao* tam, gdzie linia *ll* prostą *Ao* przetnie. Do koła c_1Cc_1, tworzącego kontur jednego kamienia, dowolnych a niezbyt znacznych rozmiarów, przypiera reszta kamieni.

XVII.

Gzymsy.

Każdy gzyms wyznacza się wprost swym profilem, t. j. figurą, która powstaje z przecięcia się bryły gzymsowéj z płaszczyzną prostopadłą do jéj kierunku.

§. 166. *Gzymsy o krawędziach prostopadłych do tła.*

a) Gzyms renesansowy. Fig. 167 przedstawia jego równoległy do tła profil *abcdfg*. Środki łuków *bc* i *cd* wpadają w punkty o_1 i o_2, łuku *gf* w o_3. Prostopadłe do tła krawędzie gzymsu dążą w perspektywie do punktu oka *A*; w pewnéj danéj głębokości ścina się gzyms ten znowu równoległą do tła płaszczyzną, profil w zagłębieniu będzie tedy figurą do pierwszego profilu podobną. Rysuje się przeto $a_1b_1 // ab$, $b_1d_1 // bd$,

kreśli linią cc_1 do A, a przez uzyskany tak na b_1d_1 punkt c_1 linią $o'_1o'_2//o_1o_2$. Proste o_1A i o_2A wyznaczą punkty o'_1 i o'_2 jako środki kół b_1c_1 i c_1d_1, które zaraz kreślić można. Daléj rysuje się $d_1f_1//df$ i otrzymuje środek o'_3 na prostéj o_3A. Z niego zatacza się ćwierćkole g_1f_1.

b) G z y m s g o t y c k i. Wykreślono go tymsamym co poprzód sposobem w fig. 168. Z wierzchołków danego profilu *abcdfgh* i ze środka *o* koła *fg* rysuje się linie do *A* i otrzymuje drugi profil w z a g ł ę b i e n i u, którego granice stanowią linie geometrycznie do konturów pierwszego profilu równoległe.

c) G z y m s z z ą b k a m i. Otrzymano go w fig. 169 podobnie. Z profilu danego *abcdfghlm* powstał drugi w zagłębieniu sposobem poprzednim. Część okrągłą *ghl* u dołu gzymsu rysuje się, jeżeli takowa jest rozmiarów mniejszych, z dostateczną dokładnością, wykreślając z wierzchołka *l* linią, która w punkcie *h* krzywéj dotyka. Styczna ta przetnie krawędź *fg* profilu w punkcie *q*, pionową zaś z *m* w punkcie *p*. Linią *pq* znachodzi się w drugim profilu jako p_1q_1. Na niéj wyznacza prosta *hA* punkt h_1, a linia *lA* punkt l_1. Krzywą $g_1h_1l_1$ rysuje się teraz od ręki jako do prostéj p_1q_1 styczną w punkcie h_1.

Ząbki podpierające główną część gzymsu uzyskujemy przez obranie na krawędzi dd_1 wymiarów *d1* i *12*, z których pierwszy jest szerokością ząbka, drugi zaś odstępem ząbków pomiędzy sobą. Za pomocą przyjętego na horyzoncie dowolnie punktu *M* rysuje się przez punkty *1* i *2* proste *M1* i *M2* aż do punktów *1* i *2* pozioméj *dx*. Przenosząc kolejno odcinki *d1* i *12* na linią *dx* do *23*, *34*... uzyskuje się podziałkę *1*, *2*, *3*, *4*...; proste, które łączą punkty jéj z punktem *M*, wyznaczą na dd_1 podziałkę perspektywiczną *1*, *2*, *3*, *4*... dla ząbków, które się teraz uzupełniają, jak to na rysunku widać.

§. 167. *Gzymsy o krawędziach równoległych do tła:*

a) o p r o f i l u p r o s t o k r e ś l n y m. Widać go w fig. 170. Profil jego $b_1ahgfdc_1$ zajmuje położenie do tła prostopadłe, a główném zadaniem konstrukcyi jest perspektywiczne tegoż wykreślenie.

W tym celu narysowano (więcéj ku prawéj) profil geometryczny gzymsu, t. j. figurę *bahgfdc*, a to w położeniu równoległém do tła. Gdyby profil ten obracano około linii *bc*, linią *ah* od tła ku oku (jak w §^ie^ 64 postąpiono z kwadratami *chgk* i *cheb*) ażby prosta *ba* zajęła położenie *ba'* prostopadłe do tła a więc dążące do *A**), to uzyskanoby profil perspektywiczny *ba'hgfdc*, w którymby krawędzie *fg* i *dc* również do *A* dążyły. Z wierzchołków jego wychodzą krawędzie gzymsowe równolegle do tła, w rysunku poziome — jak *a'r*, *ht*... Aby do profilu tego dojść konstrukcyą, potrzeba linii *ba'* nadać długość, równającą

---

*) znakowanego dla fig. 170 symbolem A_{170}.

się perspektywicznie wymiarowi poziomemu *ba*, i wszystkich innych punktów jego w podobny sposób szukać. Dla niejakiego uproszczenia pracy i uniknięcia możebnych pomyłek przy więcéj skomplikowanych profilach używa się następującego sposobu : Ze wszystkich wierzchołków geom. profilu kreśli się linie poziome aż do *bc* i uzyskuje tu punkty h_1, g_1, niemniéj pionowe aż do *ab*, na któréj skutkiem tego powstaną punkty g', f'. Na prostych Ab, Ah_1, Ag_1, Ac leżą oczywiście już wierzchołki *a*, *h*, *g*, *f*, *d* perspektywicznego profilu i rozchodzi się jeszcze tylko o ich odległości od pionowéj *bc*. Do tego dzieli się dla punktu $D/_2$*) odcinki *ba*, bg', bf', na *ba* położone, w punktach *3*, *2*, *1* na połowę i łączy punkty te z $D/_{2^{170}}$. Linie tak otrzymane odetną na prostéj ba' punkty a', $2'$, $1'$, a powstałe stąd odcinki ba', $b2'$, $b1'$ równe są perspektywicznie długościom *ba*, bg', bf'. Na pionowych z punktów a', $2'$, $1'$ znajdują się wierzchołki *h*, *g*, *f*, *d* perspektywicznego profilu, a mianowicie punkt *h* na pionowéj z a' i linii $A_{170}h_1$, *g* i *f* na pionowych z $2'$ i $1'$ i prostéj $A_{170}g_1$ itd.

Dla łatwiejszego przeglądu przesunięto wykreślony w ten sposób profil ku lewéj stronie, a to rysując pionową b_1c_1 i wyznaczając na niéj punkty b_1, h'_1, g'_1, c_1, które z wykreślenia poziomych z *b*, h_1, g_1, *c* wypadną. Przez połączenie punktu A_{170} z punktami b_1, h'_1, g'_1, c_1 powstają linie proste, a w ich przecięciu się z pionowymi, które przez wierzchołki wyznaczonego poprzód persp. profilu przechodzą, punkty przesuniętego profilu $b_1ahgfdc_1$.

Jeżeli długość krawędzi gzymsowych, w zagłębieniu b_1c_1 zmierzona, jest b_1s, to znaczymy na pionowéj *sw* punkty *u*, *v*, które odpowiadają punktom h'_1, g'_1 linii b_1c_1 i kreślimy z *s*, *u*, *v*, *w* proste do A_{170} aż do przecięcia się w punktach *r*, *t*, *z*, *y*, *x* z poziomymi krawędziami gzymsu. Można go było oczywiście i bezpośrednio obok pierwotnie otrzymanego profilu *bahgfdc* wyrysować.

Gdyby tego dokładność rysunku wymagała, możnaby konstrukcyą wykonać i powyżéj linii *ba*. Przenosimy wtedy poziomą bb_1 wyżéj do $b''b''_1$ i kreślimy $b''A_{170}$. Następnie wyznaczamy na $b''b''_1$ punkty 3_1, 2_1, 1_1 tak, aby odcinki $b''3_1$, $b''2_1$, $b''1_1$ równały się połówkom długości *ba*, bg', bf'. Proste łączące punkty 3_1, 2_1, 1_1 z punktem $D/_{2^{170}}$ odcinają na linii $A_{170}b''$ punkty a'', $2''$, $1''$. Poziome z nich wyznaczą na $A_{170}b''_1$ punkty a''_1, $2''_1$, $1''_1$. Pionowo pod nimi leżą na prostych Ab_1, Ah'_1, Ag'_1, Ac_1 punkty *h*, *g*, *f*, *d* profilu, który tym sposobem bez pomocy narysowanego poprzednio z prawéj strony przy *bagfdc* otrzymano. Powstanie drugiego profilu *rtzyxw* pionowo pod linią mqA_{170} widać z rysunku.

---

*) znakowanego dla fig. 170 symbolem $D/_{2^{170}}$.

Jeżeli się tedy rozchodzi o gzyms o równoległych do tła krawędziach, najkorzystniéj rozpocząć rysunkiem profilu perspektywicznego, który zajmuje prostopadłe względem tła po łożenie. Czy przy tém użyć lub nie figury pomocniczéj, zależy to od okoliczności i sądu artysty.

b) O profilu krzywolinijnym (fig. 171). Profilem geometrycznym jest *labcdfgh* po prawéj, z którego punktów wykreślono poziome aż do a_1, b_1... g_1, h_1 pionowéj a_1h_1 jakoteż pionowe aż do c', b', a, l poziomej la_1. Odcinki jéj lc' lb', la przepołowiono w punktach *1*, *2*, *3* i wyznaczono przez połączenie tychże z punktem $D/_{2^{171}}$, na prostéj $A_{171}l$ punkty c'', b'', a''. Poziome z nich odcinają na linii $A_{171}a_1$ punkty c'', b'', a; ostatni t. j. punkt a należy już do perspektywicznego profilu. Reszta jego punktów leży na spuszczonych z c'', b'', a, pionowych, a to w przecięciu się tychże z liniami, które łączą punkty b_1, c_1... g_1, h_1 z punktem A_{171}. Rozumie się, że pionowa z punktu c'' w punkcie c stykać się koniecznie powinna z perspektywiczném kołem *acf*, które prócz tego w punkcie f styczném także być musi do prostéj $A_{171}f_1f$. Podobnie i ćwierćkole gh_1 styka się w punktach g i h_1 z $A_{171}g_1g$ i pionową a_1h_1.

Jeżeli odcinek $a_1a'_1$ wyraża długość krawędzi gzymsu, to kreśli się pionową a'_1h_2 i znaczy na niéj punkty $b'_1, c'_1 ... f'_1, h_2$. Na prostéj $A_{171}a'_1$ wynajduje się punkty c''_1, b''_1, a. Pionowe z nich wyznaczają na liniach $A_{171}b'_1$, $A_{171}c'_1$... (albo też na poziomych krawędziach gzymsu) punkty b_2, c_2, d_2, f_2, g_2, które połączone dadzą profil drugi. Krzywe jego części stykają się w c_2, f_2, g_2, h_2 z prostymi c''_1c_2, $A_{171}f_2$, $A_{171}g_2$, a'_1h_2 a pozioma, będąca u góry styczną kół w obu profilach, stanowi pozorny kontur gzymsu.

§. 168. Gzyms z kroksztynami (fig. 172). Podpierają one częstokroć główny gzyms renesansowy. Przekrój płyty gzymsowéj widać w prostokącie *abcq*, profil kroksztynu zaś w figurze *rdfghlnp*.

Przy kreśleniu postępuje się sposobem wyżéj podanym. Z punktów bowiem f, g, h, l, n, p profilu kroksztynu rysuje się pionowe aż do d, g', h', l', r linii cq. Wyznaczywszy w narysowanéj obok poziomej q_1r_1 odcinki q_1*1*, q_1*2*, q_1*3*, q_1*4*, q_1*5* jako połówki wymiarów ql', qh', qg', qd, qc, kreślimy z q_1 linią do A_{172}, a z punktów *1*, *2*, *3*, *4*, *5* proste do $D/_{2^{172}}$. Z nich wypadną na $A_{172}q_1$ punkty *1'*, *2'*, *3'*, *4'*, c. Długość q_1c jest już perspektywicznym wymiarem wyskoku płyty gzymsowéj i równa się wymiarowi qc geometrycznego szkicu obok, odcinki zaś q_1*1'*, q_1*2'*... q_1*4'* na q_1c wynoszą tyle, co długości ql', qh', qg', qd tegoż szkicu.

Jeżeli w punkcie r linii poziomej q_1r_1 rozpoczyna się pierwszy kroksztyn, to kreślimy $A_{172}r$ i wyznaczamy na téj pro-

stéj poziomymi z $1'$, $2'$, $3'$, $4'$ punkty l', h', g', d, które odpowiadają znakowanym taksamo punktom szkicu geometrycznego. Na pionowych z nich leżą już punkty f, g, h, l, n, p perspektywicznego profilu. Aby je otrzymać, kreśli się z punktów f, g ... n, p geom. szkicu poziome aż do pionowéj rp w rysunku perspektywicznym. Idące z punktów jéj do A_{172} linie przetną spuszczone poprzód pionowe w punktach f, g, h, l, n szukanego profilu.

Grubość kroksztynu dd_1 ze wszystkich punktów profilu stosownie do ich głębokości odciąć najlepiéj sposobem okazanym na kroksztynie drugim za pomocą prostokąta $r_1dd_1r_1$, który leży na dolnéj płaszczyźnie płyty gzymsowéj. Wyznaczono tu punkty n_1 i g_1 wykreśleniem z wierzchołków n i g linij pionowych aż do n' i g' prostéj $A_{172}r_1d$. Z n' i g' wychodzą poziome aż do n'_1 i g'_1 linii r_1d_1, pionowo pod nimi leżą punkty n_1 i g_1 na poziomych, które z punktów n i g wyprowadzono. Odstęp obu kroksztynów przyjęto dowolnie.

§. 169. *Przygotowanie konstrukcyi gzymsów w poziomie załamujących się.* Przykład pierwszy. Słup pionowy podparty profilowanymi zastrzałami (fig. 173). Ma on za podstawę umiarowy ośmiobok, który nakreślono sposobem znanym; w jego wierzchołkach wzniesiono linie pionowe. W głębokości pionowéj krawędzi xl wyrysowano z prawéj strony profil zastrzału $abcdefghl$, który się przedstawia we właściwéj sobie formie a zmniejszony stosownie do zagłębienia. Grubość zastrzału równa się krawędzi ośmioboku, a powstający w głębi tylnéj ściany profil wyznacza się sposobem znanym. — Profil po lewéj można wprost przez przeniesienie punktów profilu pierwszego na przeciwną stronę uzyskać. Znakowano go podobnie.

Chcąc teraz w płaszczyźnie pionowéj, przechodzącéj przez krawędź x_1l_1, a prostopadłéj do tła otrzymać profil takisam, jak $abc...gh$, rysujemy nasamprzód perspektywiczny kwadrat $hh_0h_1h_2$, którego boki hh_2 i h_0h_1 dążą do A i znaczymy jego przekątną h_0h_2. Że punkt h_1 teraz punktowi h profilu danego odpowiada, pojąć łatwo, gdyż boki h_0h_1 i h_0h jako boki kwadratu są sobie równe. Dolna krawędź l_1h_1 odpowiada tedy linii lh zastrzału pierwszego. Z punktu a krawędzi xl dochodzimy następnie do punktu a_1 krawędzi x_1l_1, jeżeli na téj ostatniéj odetniemy perspektywicznie wysokość la pierwszéj. Stanie się to przez wykreślenie prostéj Al aż do punktu a'_2 na przekątnéj h_0h_2, który leży zarazem na pozioméj idącéj przez l_1. Pionowo nad a'_2 w prostéj Aa znajduje się punkt a_2, a odcinki al i $a_2a'_2$ są persp. równe. W przecięciu się poziom éj z a_2 z krawędzią l_1x_1 znachodzimy szukany punkt a_1. Nie inaczéj dochodzi się do punktów innych. Tak np. punkt f_1 odpowiadający punktowi f wynikł ze spuszczenia z punktu f pionowéj aż do f' w linii lh. Prosta Af' znaczy na przekątnéj h_0h_2 punkt

f'_2, a pozioma z niego na krawędzi Al_1h_1 punkt f'_1. Figura $h_0f'f'_2f'_1$ jest kwadratem. Pionowo nad punktem f'_2 przekątnéj i na linii Af leży punkt f_2, a punkt f_1 w pozioméj f_2f_1 a pionowo nad punktem f'_1 krawędzi l_1h_1. Wysokości f'_1f_1 i $f'f$ są sobie, jak być powinno, perspekt. równe. Resztę punktów szukanego profilu znaleziono taksamo.

Dla dokładniejszego rysunku łuku $b_1c_1d_1e_1f_1$ dobrze będzie (zwłaszcza gdy rozmiar figury jest większy) wyznaczyć styczne w ważniejszych jego punktach. Łatwo zrozumieć, że jeżeli styczna punktu c profilu pierwszego była pionową, to i w profilu drugim punkt c_1 posiadać musi podobną, t. j. pionową styczną. Styczna w punkcie e profilu pierwszego jest poziomą, równoległą tedy do dolnéj krawędzi lh profilu, i przecina w punkcie z pionową linią h_0x_0, która jest linią wspólną pionowym ścianom obu profilów. Z punktu z wyjdzie tedy i styczna przylegająca w punkcie e_1 do łuku profilu drugiego, co do kierunku swego koniecznie równoległa do dolnéj krawędzi l_1h_1 profilu i dążąca dla tego do A. Niemniéj ważne są styczne w punktach b_1 i f_1, w których się łuk zaczyna i kończy. Styczne wykreślone w b i f profilu pierwszego przetną prostą h_0x_0 w punktach x i p. Narysowane z nich do punktów b_1 i f_1 proste stykają się w tychże z krzywą profilu. Należy ją przeto od ręki przez wyznaczone punkty a stycznie do odnośnych prostych wykreślić.

Uwaga. Styczne w punktach d i d_1 przecinają się w punkcie y prostéj h_0 x_0.

Dla otrzymania profilu na lewéj ścianie drugiego zastrzału kreślimy poziomą a_1a_3; pionowo pod nią leży l_1l_3. Prosta Al_3 wyznacza na przedłużeniu prostéj h_2h_1 punkt h_3. Pionowo nad h_1h_3 znajduje się g_1g_3. Podobnie b_1b_3 i f_1f_3 pionowo nad $b'_1b'_3$ i $f'_1f'_3$ itd.

Jeżeli odpowiadające sobie krawędzie obu zastrzałów przedłużamy aż do wspólnego przecięcia się, np. Aa i a_1a_3, Ah i h_1h_3, Ag i g_1g_3..., to z tego, co o téj figurze dotąd powiedziano, wyniknie, że się Aa i a_1a_3 w punkcie a_2 przetną, t. j. w punkcie, który leży pionowo nad punktem a'_2 przekątnéj h_0h_2. Podobnie przetną się krawędzie Ah i h_1h_3, jakoteż Ag i g_1g_3 w punktach h_2 i g_2 i wszystkie inne odpowiadające sobie krawędzie w punktach, które bez wyjątku leżą pionowo nad przekątną h_0h_2.

Gdyby profile obu zastrzałów były profilami jednakowych gzymsów a rozchodziło się o wyznaczenie wspólnéj im figury przecięcia, powstałéj z ich przedłużenia, to łatwo się zrozumie, że położona nad przekątną figura $a_2b_2...g_2h_2$ jest tym szukanym przekrojem. Wypadek ten, że się poszczególne części gzymsu, opasujące wtedy prostokątne lub kwadratowe filary (punkt a'_2 byłby wierzchołkiem filaru) pod kątem prostym przecinają, jest najzwyklejszy i zawsze chodzi w tym razie o wyznaczenie owéj

w całości nad przekątną znajdującéj się figury przecięcia, t. j. o wyznaczenie tak zwanego przekroju w załomie. Do otrzymania jego, t. j. figury $a_2b_2...g_2h_2$, nie potrzeba jak z fig. 173 wypływa, obu części gzymsowych, ale wystarczy równoległy do tła profil *ab... gh*. Z punktów jego wykreślono bowiem pionowe aż do l, b', e', f', h i przedłużono linie łączące punkty te z punktem A aż do linii a'_2h_2, która kąt prosty przy a'_2 połowi*). W powstałych tam punktach a'_2, b'_2, e'_2, f'_2, h_2 wzniesione pionowe przecinają się z krawędziami *Aa*, *Ab*,... *Ae*... *Ag*. *Ah* w punktach a_2, b_2... e_2... g_2, h_2 żądanego przekroju. Poziome stąd wychodzące są już krawędziami drugiéj części gzymsu.

Gdyby przyjęto, że otrzymane tak krawędzie téj części przedłużono aż do przecięcia się z krawędziami *Aa*, *Ab*... *Ag*, *Ah* gzymsu położonego po lewéj stronie filaru, to przekrój ten wypadnie w téjże stronie pionowo nad przekątną h_0h_2. Z przecięcia się jéj z poziomymi, które przez punkty pierwszéj przekątnéj wykreślono, powstały punkty h_2, f'_2, e'_2, d'_2. Wzniesione z nich pionowe aż do punktów g_2, f_2...b_2, a_2 (leżą one na krawędziach $g_2g_1g_3$, $f_2f_1f_3$... $a_2a_1a_3$ drugiéj części gzymsu) dadzą szukany przekrój $g_2f_2...b_2a_2$. Z wierzchołków jego dążące do A proste przechodzą dokładnie przez wierzchołki g, f,... b, a profilu gzymsowego z lewéj strony, którego zatem do wykreślenia dopieroco uzyskanego przekroju nie potrzeba.

Uwaga. Jeżeli poziome $f'_2f'_2$..,$d'_2d'_2$... przecinają przekątną h_0h_2 po lewéj stronie pod bardzo ostrym kątem, to przenosi się punkty *1*, *2*, *3*, *4*, *5*, które z przecięcia się linii h_1h_2 z liniami Af'_2, Ae'_2... po prawéj stronie powstają, na stronę lewą, kreśli proste *1A*, *2A*, *3A*... i otrzymuje również punkty f'_2, e'_2, d'_2.. na przekątnéj h_0h_2.

Co do stycznych w punktach przekroju w załomie, to styczna w punkcie c_2 jest pionową; wykreślone zaś w punktach b_2, d_2 i f_2 przechodzą kolejno przez wyznaczone poprzód na $h_0\,x_2$ punkty x, y, p. Co się tyczy stycznéj pozioméj punktu e_2, musi ona przejść przez punkt z linii h_0x_0 i perspektywicznie być równoległą do przekątnéj h_0h_2, taksamo jak styczne ez i e_1z pierwszych dwu zastrzałów równoległymi były do dolnych krawędzi lh i l_1h_1, którym przecież w przekroju a_2b_2... g_2h_2 przekątna h_0h_2 odpowiada.

Zag. Czy punktem zbiegu przekątnych h_0h_2 a więc i stycznéj ze_2 i z_1e_2 są punkty D?

§. 170. Przykład drugi. Wiązanie słupa pionowego z belką poziomą profilowanymi mieczami (fig. 174). Do takiegosamego, jak poprzód słupa ośmiościennego przypierają z czterech stron belki grubości równającéj się

---

*) jeżeli pionowa $a_2a'_2$ jest krawędzią słupa gzymsem otoczonego.

wymiarowi krawędzi ośmioboku. Z dołu podparto je siodłem *na*, t. j. belką krótszą i cieńszą. Spoczywa ono na profilowanych podporach, téjsaméj co ono grubości, zwanych mieczami. Profil siodła i miecza narysowano w zagłębieniu *na* jako równoległą do tła figurę *ab.. cd.. fgh* a to we właściwéj jéj formie, przeniesiono go wprost na stronę lewą i wysnuto z niego daléj, jak w figurze poprzedniéj, za pomocą przekątnéj $n'_2k'_2$ profil drugi $a_1b_1..c_1d_1..f_1g_1h_1$. Dla punktu *a* np. narysowano pionową *aa'* aż do prostéj *n'a'*, która leży na wierzchnéj płaszczyźnie belki głównéj, daléj prostą *Aa'* aż do a'_2 na przekątnéj $n'_2k'_2$. Pionowo pod a'_2 leży na prostéj *Aa* punkt a_2. Wychodząca następnie z a'_2 pozioma wyznaczy na krawędzi An'_1 (która odpowiada krawędzi *n'a'*) punkt a'_1, pionowo pod nim leży na pozioméj punktu a_2 wierzchołek a_1 profilu drugiego siodła. Podobnie postąpiono i z innymi punktami profilu.

Gdyby profile *abcdfgh* i $a_1b_1...g_1h_1$ były, jak w fig. 173 profilami części gzymsowych, przecinających się w przedłużeniu, to przekrój ten w załomie tworzy znowu fig. $a_2b_2c_2d_2f_2g_2h_2$ któréj wszystkie punkty leżą pionowo p o d przekątną $n'_2k'_2$. Można w tym razie krzywą tę z równoległego do tła profilu *ab..gh* otrzymać za pomocą przekątnéj $n'_2k'_2$, chociażby ta znajdowała się wyżéj niż najwyższe krawędzie Aaa_2 i $a_2a_1a_2$ gzymsu, byle tylko postąpić jak z punktem *a*. Wychodzące z punktów $a_2, b_2.. g_2, h_2$ poziome są już krawędziami drugiéj części gzymsu i sięgają do punktów $a_2, b_2... g_2, h_2$, które leżą pionowo pod przekątną $f'_2a'_2$ lewéj strony. Punkty jéj $a'_2, c'_2, f'_2...$ uzyskujemy na poziomych, poprowadzonych przez odpowiadające im punkty pierwszéj przekątnéj, jak $a'_2a'_1a'_2$ na rysunku. Z punktów $a_2, b_2.. g_2, h_2$ po lewéj stronie dążą proste do *A*, które przy dokładnym rysunku przez wierzchołki *a, b,... g, h* profilu z lewéj strony przejść muszą. Profil ten staje się tedy przy rysunku takiego gzymsu zbyteczny.

Fig. 174 jest w ogólności powtórzeniem odwróconéj niejako fig. 173 tak, że punkty w téj ostatniéj pionowo położone n a d, w tamtéj znajdują się pionowo p o d przekątną. Zresztą żadna w konstrukcyi saméj istotna nie zachodzi różnica. Dokładne przerobienie obu tych figur ułatwi zrozumienie gzymsów właściwych, rozpatrywanych w następujących §§.

Uwaga. Punkty jak *k*, a z niego k_1 wycięcia belki głównéj uzyskano jak a_1 z punktu *a* za pomocą punktu k'_2 na przekątnéj, jak widać z rysunku.

§. 171. *Przykłady kreślenia gzymsów właściwych.* P r z y k ł a d p i e r w s z y. G z y m s d o l n y (c o k o ł) g o t y c k i. W fig. 175b przedstawiono profil jego. Fig. 175a uwidocznia mur $a_6aa_3a_4a_5$, z którego wyskakuje filar kwadratowy $a_3a_2a_2a_4$. Gzyms o szerokości *ah* ciągnie się n a o k o ł o muru i zarazem filaru tak, że się poszczególne części gzymsowe między sobą nad prze-

kątnymi a_3h_3, a_2h_2, a_2h_2, a_4h_4 przecinają, jak to w poprzedzających dwu §§ szczegółowo omawiano. Z prawéj strony przypiera gzyms do muru aa_6 tak, że się krawędzie gzymsowe nad przekątną przy ah nie kończą lecz przedłużone do muru wyznaczają na nim profil.

Wykr. W fig. 175 potrojono wymiary szkicu geom. 175_a. Wyrysowawszy tedy plan perspektywiczny $h_5h_4h_2h_2h_3hh_6$ jakoteż przekątne h_2h_4, h_2h_3 kwadratowego filaru (w przedłużeniu dążyłyby do punktów odstępu D), kreślimy na samém tle po lewéj stronie profil z fig. 175_b, a to w prawdziwéj jego wielkości *). Z uwidocznionego tak nad linią PP profilu $abcdefgh$ szuka się figury $a_2b_2...f_2g_2h_2$, która leży nad przekątną h_2h_3 kwadratu i jest przekrojem dwóch prostokątnie się przecinających części gzymsowych. I zadanie to i znakowanie figury jest zupełnie takie, jak w fig. 173, z tą tylko różnicą, że w téj profil zastrzału mieścił się w pewném zagłębieniu, tu zaś profil gzymsu leży na samém tle. Na tok konstrukcyi okoliczność ta nie wywiera jednak żadnego wpływu.

Kreślimy przeto z wierzchołków profilu pionowe do d', f', b', c', a' linii PP, a łączące te punkty z punktem A linie proste przecinają przekątną h_2h_3 w punktach h_2, f'_2, b'_2, c'_2, a'_2. Pionowo nad nimi leżą szukane punkty a_2, b_2... g_2 a mianowicie każdy z nich na prostéj, która łączy odpowiadający mu punkt profilu z punktem oka A. Tak np. punkt a_2 pionowo nad a'_2 w prostéj aA. Otrzymane po nad przekątną punkty te dadzą po stosowném połączeniu właśnie przekrój w narożu filarowém po lewéj stronie. U drugiego naroża h_2 przekrój ten powstanie po poprzedniém wyznaczeniu na przekątnéj h_4 h_2 punktów a'_2, $b'_2f'_2$.. (leżą one, jak wiadomo, na poziomych z punktów pierwszéj przekątnéj). Pionowo nad nimi na odpowiednich poziomych krawędziach gzymsu, które z punktów a_2, b_2... h_2 wychodzą, znajdują się taksamo znakowane punkty szukanego tego przekroju.

Przechodząc do naroża h_3, rysujemy w niém najprzód przekątną h_3n_1 **). Następnie łączymy punkty a'_2, b'_2... f'_2 przekątnéj h_4h_2 z punktem A i znaczymy przecięcia się tych świeżo uzyskanych prostych z przekątną h_3n_1. Pionowo nad nimi znajdują się znowu punkty a_3... g_3 przekroju gzymsowego, każdy z nich na krawędzi gzymsu, która przez odpowiadający mu punkt wyznaczonego poprzednio przekroju a_2b_2... g_2h_2 do A dąży. Z powstałych tak punktów a_3... g_3, h_3 wychodzą w końcu poziome

*) przyjmując naturalnie punkt h przecięcia się linii PP z prostą Ah_2 jako odpowiadający punktowi h profilu 175_b.

**) Dąży ona do D i da się za pomocą $D/_3$ wykreślić jak w §. 98. Jest bowiem h_3n_1 geom. równoległą do $h^3/_3 D/_3$ i przecina linią Am (m połowi długość h_2h_2) w punkcie n_1, z którego, jak łatwo wywnioskować, wychodzi także przekątna h_4n_1.

krawędzie ostatniéj części gzymsu, a mianowicie z a_3 do a. Punkt ten a leży pionowo nad a', który otrzymano w przecięciu się pozioméj z a'_3 z kierunkiem Ah_6 muru gzyms zamykającego. Inne punkty, jak np. g pionowo nad h, itd. uzyskano taksamo. Figura $a...gh$ na murze jest przeto profilem gzymsu.

Ze strony lewéj otrzymuje się na przekątnéj h_4n_1 punkty $h_4...a'_4$ jako położone na liniach $Ah_2...Aa'_2$. Pionowo nad nimi w liniach $Ag_2...Aa_2$ wystąpiłyby punkty przekroju gzymsowego nad przekątną h_4n_1, t. j. punkty $h_4...a_4$, których tu jednak jako filarem zakrytych nie widać. W tym wypadku wcale ich się nie szuka i rysuje poziome krawędzie gzymsu z lewéj strony jako przedłużenia odpowiadających im z prawéj.

Uwaga. Punkty $f'_2, b'_2 .. a'_2$ przekątnéj $h_2\,h_4$ można także otrzymać z przeniesienia punktów *1, 2, 3, 4* z lewéj strony (położone na h_2h_2) na prawą i wykreślenia linij *A1, A2, A3, A4.* (Porówn. §. 169 uwaga.)

§. 172. *Przykład drugi. Gzyms górny gotycki.* W fig. 176 na przedłużeniu tegosamego co poprzód muru i filaru mamy wykreślić gzyms o profilu *abcdeghkl* (fig. 176_b).

Wykr. Znaczymy nasamprzód za pomocą punktu A_1 horyzontu H_1H_1*) figurę $ll_3l_2l_2.l_5$, a to wprost jako położoną pionowo nad rysem $aa_3a_2a_2.a_5$ muru i filaru samego; następnie szukamy na linii $A_1l_3l_2$ punktu l tak, aby pionowo leżał nad punktem a' linii PP (fig. $175^{a j}$). Narysowana w tym punkcie (l) pionowa al mieści się niewątpliwie na tle, można przeto profil gzymsu w fig. 176_b obok al w prawdziwéj narysować wielkości. Punkt a_2 z wierzchu gzymsu odpowiadający punktowi a_2 fig. 175 leży oczywiście w linii A_1a na krawędzi a_2l_2 filaru.

Z punktów a, b,.. h, k, l, profilu rysujemy (jak w fig. 174 i 175) linie pionowe aż do p e w n é j pozioméj, którą jednak ze względu na łatwiejszy przegląd konstrukcyi z korzyścią powyżéj punktu a (profilu) przyjąć można. Wykreślono tak $a'b'$ w dowolnéj nad a (tu aa') wysokości i wyznaczono na niéj punkty a', k', h', e', d', b' pionowo nad wierzchołkami a, k... d, b profilu. Linia $a'A_1$ przecina pionowe krawędzie l_2a_2 i l_3a_3 filaru w punktach a'_2 i a'_3 a figura $a'_2a'_2a'_3a$ leży po nad punktami a_2, a_2 właśnie o wymiar aa' i występuje tu w téjsaméj roli, jak w poprzednim przykładzie umieszczona na pł. podstawowéj figura $a'_2a'_2a'_3a'$. Z wierzchołków jéj kreślimy przeto przekątne $a'_2b'_2$, $a'_3b'_3$; obie dążą do D_1 a za pomocą $D^1/_3$ można

---

*) Dla fig. 176 użyto bowiem horyzontu niższego H_1H_1, a punkty A_1 i $D^1/_3$ leżą pionowo pod punktami A i $D/_3$ horyzontu HH. Zapewniło to rysunkowi fig. 176 łatwiejszą zrozumiałość, a zarzutu co do braku jedności horyzontu (§. 177) podnieśćby tu nie można, gdyż obie figury stanowią oddzielne od siebie całości, każda może przeto posiadać inny horyzont. Przedłużenie w fig. 176 muru i filaru z fig. 175 ułatwia oryentowanie się i konstrukcyą.

je otrzymać.*) Linie idące z punktów a', b', d'... h', k' prostéj $a'b'$ do A_1 odetną, na przekątnych $a'_2\, b'_2$ i $a'_3\, b'_3$ punkty a'_2, b'_2.. h'_2, k'_2, i a'_3,... b'_3; pionowo pod nimi leżą punkty a_2, b_2, d_2,... h_2, k_2 i b_3, d_3... h_3, k_3, a mianowicie każdy z nich na krawędzi, która przez odpowiadający mu wierzchołek profilu $abc...hk$ do A_1 dąży. Uzyskujemy tak przekrój w załomach pod przekątnymi $a'_2\, b'_2$ i $a'_3\, b'_3$. Podobnież powstanie takisam przekrój po lewéj stronie, a to albo za pomocą położonych na przekątnéj $a'_2b'_2$ punktów b'_2, d'_2, k'_2, a'_2**) i wykreślenia z nich pionowych aż do przecięcia się z krawędziami gzymsu, które przez otrzymane poprzód punkty a_2, b_2,.. h_2, k_2 przechodzą, albo też za pomocą osobnego profilu i powtórzenia konstrukcyi (ob. rysunek). Z otrzymanych pod przekątną $a'_3b'_3$ punktów a_3, b_3,.. h_3, k_3, wychodzą poziome aż do przecięcia się z murem bocznym po prawéj, na którym skutkiem tego profil gzymsowy powstaje.

Po stronie lewéj należy jeszcze, w przedłużeniu uzyskanych dopieroco po prawéj, krawędzie poziome rysunkiem wprost uwidocznić, nie szukając już całkowitego przekroju, któryby przekrojowi a_4... h_4 fig. 175 odpowiadał. Pamiętać tylko należy, że poziome z wierzchołków c_3 i d_3 przecinają krawędzie gzymsowe, które z punktów c_2 i d_2 przekroju po lewéj do A_1 dążą, w punktach c_4 i d_4, widzialnych, bo nie zakrytych filarem (ob. rysunek). Reszty punktów przekroju tego oko nie dostrzega.

Łatwo spostrzéc, że postępowanie przy kreśleniu gzymsu u góry w niczém się w zasadzie nie różni od postępowania w fig. 175, w któréj także możnaby przekątną poniżéj figury głównéj przyjąć, jak ją w fig. 176 przyjęto powyżéj.

Uwaga. Gdyby przy wyznaczaniu przekroju $b_3c_3..h_3k_3$ wierzchołki jego z powodu niekorzystnego przecięcia się prostych A_1b_2, $A_1c_2..A_1k_2$ z pionowymi b'_3b_3,..a'_3a_3 wystąpiły nie dość dokładnie, to możnaby wynikający stąd błąd rysunkowy poniższą konstrukcyą pomocniczą usunąć. Z punktów a'_2,h'_2..d'_2,b'_2 przekątnéj $a'_2b'_2$ rysuje się linie poziome i przecina je linią korzystnie obraną, wychodzącą z dowolnego w reszcie punktu F horyzontu. Uzyskujemy tak na tych poziomych punkty a'', k''..d'', b''. Następnie przedłuża się poziome, z b_2, c_2, h_2, k_2 wychodzące krawędzie gzymsu i wyznacza na nich np. na b_2b_2 punkt pionowo pod punktem b'' linii $b''a''F$. Znakujemy go także literą b''. Podobnie na krawędziach innych. Powstała w ten sposób figura $a''b''...h''l''$ jest pionowém przecięciem przedłużonéj części gzymsu

*) Są one geom. równoległe do linij $D^1/_3a'^2/_3$ i $D^1/_3a'^3/_3$. Przekątna $a'_2b'_2$ wyznaczy na prostéj A_1m' punkt n', z którego wychodzi druga przekątna $a'_2b'_2$ po lewéj.

**) leżą one w poziomych, które przechodzą przez odpowiadające im punkty przekątnéj $a'_2b'_2$ prawéj strony.

(ale nie profilem). Teraz rysujemy przez punkty $a'_3 ... b'_3$ przekątnéj $a'_3 b'_3$ linie poziome aż do prostéj $Fa''b''$. Z uzyskanych tam punktów $a,..e, d, b$ spuszcza się pionowe i łączy wierzchołki figury $a''b''...h''l''$ z punktem F horyzontu liniami prostymi. Proste te, np. $a''F$, $b''F$ przetną pionowe z punktów a, b (linii Fab) w punktach a, b; podobnie wszystkie inne. Otrzymana tak figura $ab..hl$ jest takimsamym przekrojem głębiéj położonéj części gzymsu, jak $a''b''..k''l''$ dla poprzedniéj. Z punktów $a,b..k,l$ muszą tedy wychodzić poziome krawędzie gzymsu taksamo, jak poprzód przez a'', b'', k'', l''. Rysujemy przeto te krawędzie aż do przecięcia się np. krawędzi pozioméj przez b z linią $A_1 b_2$ w punkcie b_3. Uzyskane tak punkty $b_3 ... h_3$, l_3 leżą koniecznie pionowo pod przekątną $a'_3 b'_3$ i są, jeżeli punkt F stosownie obrano, dokładne.

Punktu a_3 samego nie widać, dla tego krawędź pozioma przez a dosięga krawędzi $b_2 b_3$, nie doszedszy jeszcze do punktu a_3 zakrytego filarem.

§. 173. P r z y k ł a d t r z e c i. C o k o ł r e n e s a n s o w y. Profil widać w 177_b, połowę planu geom. w 177_a. Rysunek urządzono tak, że dłuższe krawędzie gzymsu, jak $a_2 a_3$, $a_4 o a_4$... są do tła prostopadłe, t. j. że ich perspektywy dążą do A, a więc odwrotnie w porównaniu z figurami poprzednimi. Na tok konstrukcyi to oczywiście wcale nie wpływa.

Wykr. W planie perspektywicznym $l_2 l_2 l_3 l_4 O l_5$... (fig. 177) wyrysowanym w potrojonym rozmiarze fig. 177_a wyznacza się nasamprzód przekątne w narożach, z których wychodzące z punktów l_2, l_2, l_3, l_4, dążą do D. Za pomocą $D/_2$ i punktów $l^1/_2$ i $l^3/_2$.. otrzymamy ich kierunek. Przekątne przetną linią OS (punkt O połowi długość $l_4 l_5$) w punktach *1*, *2*, *3*, *4*, z których wyjdą następnie przekątne do naroży z drugiéj strony, a mianowicie z punktu *4* do l_5, z *2* do narysowanego w zagłębieniu l_6... W przedłużeniu linii $Al_3 l_2$ wypadnie na PP punkt l, z niego wychodząc wyrysowano profil $lh..ban$ w fig. 177 w rzeczywistéj wielkości. Na krzywéj jego części bf przyjęto punkt d w celu dokładniejszego jéj wykreślenia. Z wierzchołków profilu spuszczono następnie pionowe aż do f', d', b', n linii PP. Proste łączące te punkty z A odetną na przekątnéj $l_2 2$ punkty $l_2, f'_2 ... b'_2, a'_2$; pionowo nad nimi leżą w liniach Ah, $Af..Ab, Aa$ wierzchołki przekroju w załomie. Poziome z punktów przekątnéj $l_2 2$ wyznaczą na przekątnéj $l_2 1$ punkty, nad którymi uzyskuje się znowu odpowiedni przekrój narożny. Linie $Af'_2 ... Aa'_2$ przetną przekątną $l_3 3$ w punktach, nad którymi leżą wierzchołki $a_3 ... h_3$ przekroju dalszego, oczywiście na krawędziach Aa_2, Ac_2.. Ah_2 gzymsu. Poziome z punktów przekątnéj $l_3 3$ dadzą na prostéj $l_4 4$ punkty, które w razie niedogodnego przecięcia się linii $l_4 4$ z owymi poziomymi wprost otrzymać można z wykreślenia linii Al_4 aż do *5* na PP i przeniesienia punktów l, f', d', b', n

linii PP do $5, 4, 3, 2, 1$. Proste $A5$, $A4$...$A1$ wyznaczą na przekątnych $l_4 4$ i $l_5 4$ punkty, nad którymi się mieszczą następujące dwa przekroje narożne, a mianowicie : $a_4 c_4$..$f_4 h_4$ w przecięciu się pionowych, wzniesionych w punktach przekątnéj $l_4 4$ z poziomymi krawędziami gzymsu, które z wierzchołków a_3... h_3 wychodzą; — $a_5 c_5$...h_5 zaś w krawędziach dążących z punktów a_4..h_4 do A.

Ponieważ punkt l_6 (w zagłębieniu) odpowiada punktowi l_2, to należy wyznaczyć przecięcia się prostych Af'_2, Ad'_2, Ab'_2, Aa'_2 z przekątną $l_6 2$ i z powstałych tak punktów wykreślić pionowe do góry. Wyznaczą one na krawędziach gzymsu Ah_2, Af_2, Ad_2... wierzchołki przekroju w załomie, położonego nad przekątną $l_6 2$, z których pewną tylko część widać, bo inne są zakryte.

Krawędź $Al_2 L_2$ przedłużona aż do l_7 w głębi przetnie tam poziomą krawędź muru, do którego gzyms przypiera. Na murze tym rysuje się profil gzymsu, a krawędzie téj jego części są przedłużeniami owych, które z wierzchołków a_2,. d_2,. g_2, h_2 przekroju położonego najbliżéj prawego brzegu do A dążą.

Uwaga. Przy rysowaniu krzywéj $c_2 d_2 f_2$ należy we wszystkich przekrojach szczególnie uważać na kierunek, jaki styczne punktów c_2 i f_2 posiadają. Odpowiadają one stycznym punktów c i f profilu, które są liniami poziomymi. Łatwo teraz będzie wobec tego, co przy fig. 173 o podobnych stycznych powiedziano, wywnioskować, że styczne w punktach c_2 i f_2 przekroju $c_2 d_2 f_2$ będą równoległe (perspektywicznie) do odpowiadającéj przekrojowi temu przekątnéj $l_2 2$. Wystarczy wszakże wykreślić nasamprzód przez punkty c_2 i f_2, c_3 i f_3... od oka krótkie linie, jak $c_2 x_2$, $f_2 y_2$, $c_3 x_3$, $f_3 y_3$..., któreby do odnośnych przekątnych mniéj więcéj były równoległe, a do nich dopiero stycznie przylegające krzywe $c_2 d_2 f_2$, $c_3 d_3 f_3$. — Szczególniéj pożądaną okaże się ta przezorność w przekroju $c_5 f_5$, gdzie styczne $c_5 x_5$ i $f_5 y_5$, równoległe do $l_5 4$ wyrażają w tych miejscach kierunek krzywéj, — krzywéj, któréj rysunek dla silnego jéj zakrzywienia łatwoby bez téj wskazówki błędnie mógł wypaść. Tosamo tyczy się krzywéj $c_6 f_6$ nad przekątną $l_6 2$.

§. 174. **Przykład czwarty. Górny gzyms renesansowy.** Mamy go w fig. 178 wykreślić w przedłużeniu tegosamego co w poprzedniéj figurze muru i wyskakujących zeń filarów. Profil jego przedstawia fig. 178_b.

Wykr. Rysujemy (fig. 178) nasamprzód za pomocą punktów A_1 i $D^1/_2$ horyzontu $H_1 H_1$ *) figurę $p_2 p_2 p_3$...p_7 pionowo nad $a_2 a_2 a_3$...a_7 planu i wyznaczamy następnie na linii $A_1 p_3 p_2$ punkt p tak, aby pionowo wypadł nad wierzchołkiem n profilu na dole. Wykreślona przez p pionowa pa leży na tle, obok niéj

*) Porównaj dotyczącą uwagę §fu poprzedniego.

rysuje się profil gzymsu w prawdziwéj wielkości fig. 178_b. Punkt a_2 odpowiadający punktowi a_2 fig. 177 znajduje się teraz oczywiście na linii Aa w przecięciu się jéj z krawędzią $a_2 p_2$ filaru.

Postępując tak jak w fig. 176, wznosimy w punktach profilu linie pionowe aż do pewnéj, dajmy na to prostéj $a'b'$, położonéj w dowolnéj nad ab wysokości *) i znakujemy powstałe tak punkty literami $b', d', f', h', k', l', a'$. Prosta $a'A_1$ wyznacza na krawędziach $a_2 p_2$ i $a_3 p_3$ filaru punkty a'_2 i a'_3; pozioma z a'_3 na $a_4 p_4$ punkt a'_4, linia stąd do A_1 na $a_5 p_5$ punkt a'_5 itd. tak, że figura $a'_2 a'_3 a'_4 a'_5 . a'_6$ występuje tu w téjsaméj roli co $a'_2 a'_3 ... a'_5 a'_6$ w fig. 177 na pł. podstawowéj. Z wierzchołków figury téj kreślimy tedy przekątne $a'_2 b'_2 ,.. a'_6 b'_6$; dążą one do D_1 i dadzą się za pomocą $D'/_2$ tak otrzymać, jak w fig. 176. Na linii $o'S'$ w punktach $1', 2', 3', 4'$ (pionowo nad $1, 2, 3, 4$ fig. 177) przecinają się one znowu parami. Po ich wykreśleniu łączy się punkty $b', d' ... l', a'$ z punktem A_1 i znaczy punkty b'_2, $d'_2 ,.. l'_2$, a'_2 i b'_3, $d'_3 ... l'_3$, a'_3 przecięcia się otrzymanych tak prostych z przekątnymi $a'_2 b'_2$ i $a'_3 b'_3$. Pionowo pod nimi występują wierzchołki przekrojów w załomie jak dawniéj. Tak pada b_2 pionowo pod b'_2, b_3 pionowo pod b'_3 na krawędź gzymsu $A_1 b$ itd. Poziome z punktów przekątnéj $a'_3 b'_3$ wyznaczą na $a'_4 b'_4$ punkty, pod którymi leżą wierzchołki dalszego przekroju gzymsowego itd. — Punkty przekątnéj $a'_6 b'_6$ znajdują się na liniach, które z punktów $b'_2 .. k'_2 .. a'_2$ przekątnéj $a'_2 b'_2 2'$ do A_1 dążą. Pionowo pod punktami $b'_6 .. h'_6 .. a'_6$ występują na krawędziach, wychodzących z przekroju $b_2 c_2 .. k_2 p_2$ po prawéj, punkty $b_6 .. h_6 .. k_6$.

Po wykreśleniu punktów $b_7 .. h_7 .. p_7$ przedstawia się profil gzymsowy na murze, do którego w głębi gzyms przypiera. Krawędzie ostatniéj téj jego części są przedłużeniami owych, które z najbardziéj na prawo położonego przekroju $a_2 b_2 .. k_2 p_2$ do A_1 dążą. — Co do kreślenia krzywych cdf to znowu uważać trzeba, aby były w poszczególnych punktach c i f styczne do linij, które przez owe punkty równolegle do każdorazowéj przekątnéj się rysuje, jak np. do linij $c_3 x_3$ i $f_3 y_3$, $c_5 x_5$ i $f_5 y_5$, $c_6 x_6$ i $f_6 y_6$. Szczególnie ważne są te styczne w miejscach silnie zakrzywionych $c_5 d_5 f_5$, $c_6 d_6 f_6$. Tasama uwaga, co do stycznych, dotyczy i rysunku krzywych, jak kl, w punktach l.

Z przerobionych przykładów widać dokładnie, że do kreślenia zawilszych nawet gzymsów przy częstém ich załamywaniu się wystarczy jeden profil, który narysować można na tle w prawdziwym rozmiarze albo też, jak w fig. 173 i 174, w dowolnéj głębokości, a wtedy oczywiście w stosownem także zmniejszeniu.

---

*) Lepiéj będzie dla łatwiejszego rozejrzenia się przyjąć prostą $a'b'$ wyżéj jeszcze, czego tu dla braku miejsca nie można było uczynić.

XVIII.

Momenta artystyczne.

Rozpatrywanie momentów natury artystycznéj doprowadziło w §. 85 do stanowczych wprawdzie i skończonych w sobie, w ogólności jednak do niezupełnych rezultatów; rozstrzygnąwszy bowiem sprawę umieszczenia punktu i wyznaczenia wielkości odstępu oka, co do trzeciego momentu, t. j. co do wysokości horyzontu na obrazie, nie zdołało wyczerpującéj dać odpowiedzi. Niepewność w tym względzie nie stanowiła atoli przeszkody w kreśleniu przerabianych dotąd przykładów, gdyż przyjmowano tam stosowny horyzont bez dalszego uzasadniania. Teraz, gdy perspektywa prosta dobiega kresu swego, nadeszła jednak pora rozjaśnienia i tego wypadku, niemniéj innych jeszcze spraw natury artystycznéj, o których dotąd mówić nie było sposobności; są to bowiem sprawy z istoty swéj nie zostające z żadnym z poznanych dotąd przykładów w koniecznym związku, jakkolwiek znajomość ich przy każdéj i najdrobniejszéj nawet kompozycyi perspektywicznéj jest nieodzowną.

§. 175. Wysokość horyzontu na obrazie. W §fie 87 nadmieniono, że horyzont powinno się na obrazie umieszczać w stosownéj wysokości, daléj że jakkolwiek należyte jéj wyznaczenie jest jedną ze spraw najważniejszych, to pomimo tego reguł tu bezwarunkowych ustanawiać żadną miarą nie można i że lepiéj zdać rozstrzygnięcie sprawy na swobodę osobistego sądu artysty; co najwięcéj wypadłoby może wskazać na rozmaite okoliczności, które skłonić go mogą do stosownego wyboru.

Przyjrzymy się w tym celu figurom 179, 180, 181, 182, w których przedstawiono tensam przedmiot, ale z horyzontem przyjętym w różnéj wysokości. Jest to, jak łatwo dostrzéc, kryta tylko z góry, zresztą ze wszech stron otwarta przestrzeń, dajmy na to pawilon nad jeziorem lub coś podobnego. W każdéj z figur widać tak w ścianie w głębi, jakoteż w bocznych po trzy jednakowe otwory zasklepione kołowo. Z posadzki, leżącéj w wysokości naturalnego terenu, prowadzą trzy stopnie w górę na poziom o pewnéj szerokości a z niego w dół, na teren zwykły, niewidome już na rysunku schody. Grubość filarów podpierających łuki równa się szerokości dwóch stopni. Posadzka składa się z płyt kwadratowych jednéj wszędzie miary, a w stropie widać kasetony, które się między sobą niczem nie różnią.

Z zaznaczonych przy lewym brzegu fig. 179 na pionowéj linii wysokości stopni widać, że w pierwszéj figurze horyzont znajduje się nad linią podstawową w wysokości siedmiu stopni. Przyjąwszy punkt *A* we środku obrazu, $D/_3$ na horyzoncie tak, aby odstęp oka wynosił około *20cm*; wykreślono przed-

miot cały z łukami jednakowéj rozpiętości i wysokości i zarysem stopni wznoszących się tak między filarami łuków bocznych jak i filarami, na których wspierają się łuki w głębi. W posadzce widać na szerokość sali tafel 14, na stropie zaś kasetonów pięć o pewném, dowolnie zresztą przyjętém wcięciu. Skutkiem niskiego horyzontu podnosi się posadzka w fig. 179 bardzo mało, a tafle jéj wydają się w kierunku głębokości bardzo wąskie; pułap przeciwnie zbyt spada, kasetony rysują się w nadmiernéj szerokości. Umieszczona tuż przy linii podstawowéj figura ludzka, wysokości około 11 stopni, sięga tedy głową znacznie powyżéj horyzontu. Gdyby oko osoby w owéj przestrzeni będącéj znajdować się miało w wysokości horyzontu, t. j. w wysokości 7 stopni czyli 105 *cm* nad podłogą, osoba ta musiałaby siedzieć, a wrażenie, jakieby obserwowana wtedy sala na niéj sprawiła, byłoby takie jak to, które sprawia rysunek. Osobom głębiéj umieszczonym (znajdującym się w części nawet poza obrębem przestrzeni nakrytéj) nadano perspektywicznie jednakowe wymiary. Wszystkie muszą głowami sięgać ponad horyzont, a to oczywiście w stosunku do swojéj wysokości o tyle właśnie, co osoba najbliższa.

Naturalnym skutkiem niskiego umieszczenia horyzontu we fig. 179 jest małe rozwinięcie się planu posadzki. Gdyby więcéj figur miano na nim umieścić, łatwoby powstał dla szczupłości miejsca ścisk, a figury w pobliżu tła zakryłyby postacie głębiéj umieszczone, przenosząc je głowami.

Aby plan perspektywiczny rozszerzyć i uzyskać więcéj miejsca, przyjęto na następnéj figurze horyzont w wysokości człowieka, t. j. w wysokości 11 stopni nad linią podstawową. Osoba w pobliżu tła umieszczona dosięga tedy głową horyzontu. Widać od razu, że istotnie plan perspektywiczny się rozszerzył, sala pozornie się zagłębiła, posadzka się cokolwiek silniéj wznosi, a pułap mniéj spada niż przedtem. Wrażenie wywarte rysunkiem możnaby w ogólności nazwać lepszém niż poprzód, gdyby nie ta okoliczność, że n i e t y l k o osoba najbliższa tła ale i inne głębiéj stojące wszystkie głowami dotykają horyzontu, t. j. że wszystkie głowy w téjsaméj leżą wysokości. Okoliczność ta wpływa bezwątpienia na rysunek niekorzystnie, gdyż nadaje mu coś wymuszonego; wrażenie to potęguje się przy większéj ilości osób, bliższe zakrywają znowu dalsze. Z tego tedy powodu należy w o g ó l e unikać umieszczania horyzontu w wysokości człowieka, a chcąc przy większéj ilości figur mieć swobodny przegląd, t. j. chcąc i osoby dalsze widzieć, potrzeba koniecznie horyzont przyjąć n a d wyniosłością postaci ludzkiéj.

Tym względem kierowano się w założeniu fig. 181. Przyjęto tu horyzont w wysokości 15 stopni, a więc n a d głową człowieka. Sala wydaje się teraz jeszcze więcéj zagłębioną niż przedtem, plan się rozwija pomyślniéj, w razie większéj ilości

figur ścisku obawiać się nie potrzeba, a ponieważ osoby głębiéj stojące przenoszą głowami bliższe, jest i swobodny przegląd grup poszczególnych zapewniony.

Przezorność nakazuje szczególnie w ó w c z a s przyjmować horyzont powyżéj głowy ludzkiéj, kiedy się rozchodzi o przedstawienie sceny na większym placu publicznym, w któréj dużo ludzi udział bierze. W naturze całość podobną obejmie t y l k o oko widza stojącego na poziomie wyższym; w rysunku, mającym takie jak natura wywrzéć wrażenie, należy w tym razie koniecznie horyzont stosownie podnieść *).

W téj sprawie czytamy w tłómaczeniu cennéj książki Thibaulta (byłego profesora perspektywy w Akademii sztuk w Paryżu) „Anwendung der Linien-Perspective auf die zeichnenden Künste" Nürnberg 1841 na str. 47: „Malarz obrazów historycznych może według upodobania siebie względem modeli swych i na odwrót ustawić w równym, wyższym lub niższym poziomie; z tego wynika, że horyzont malowidła — który zawsze wskazuje wysokość oka artysty — względem figur na obrazie występujących w trzech rozmaitych wysokościach, a to według własnego wyboru przyjąć można, mianowicie: 1) z oczyma tych figur w tymsamym poziomie, 2) powyżéj, 3) poniżéj. W pierwszym wypadku znajduje się artysta w tymsamym poziomie z modelami, w drugim wyżéj, w ostatnim niżéj.

W fig. 182 odległość horyzontu od linii podstawowéj wynosi 20 stopni. Rozwinięcie się planu jest teraz wprawdzie jeszcze znaczniejsze niż poprzednio, lecz wrażenie rysunku w całości wydaje się w ogóle mniéj korzystne niż w fig. 181. Znaczna obecnie wysokość horyzontu (w górnéj już połowie obrazu umieszczonego) pociąga za sobą znaczną pochyłość posadzki, która wobec słabego skłaniania się stropu źle oddziaływa, wywierając wrażenie przeciwne temu, do którego oko nawykło.

Stopnie w rozmaitych figurach widać także tém dokładniéj, im obszerniéj plan się rozwija, w każdym razie jednak figura ostatnia i w tym względzie właśnie dla pozornéj spadzistości podłogi i stopni samych sprawia wrażenie mniéj przyjemne niż figury 181 lub 180. W ogólności można powiedzieć, że w figurze pierwszéj sala wydaje się o wiele wyższą niż np. w ostatniéj; inne dwie stanowią oczywiście przejście między tamtymi. Wypadałoby z tego, że przestrzeń niższa może się pozornie wyższą wydawać, jeżeli się przyjmuje horyzont nisko, w przestrzeni zaś bardzo wysokiéj można odwrotnie sprowadzić pozorne jéj zniżenie, obierając horyzont wysoko. *)

---

*) Adhémar »Traité de Perspective etc.« str. 127.

**) Dziwaczne, do umieszczenia horyzontu odnoszące się przepisy spotykać można u niektórych autorów. Tak np. pisze J. Wood jun. w swojéj »A manual of perspective for the use of amateurs« London 1843 na str. 9:

Zręczny wybór wysokości horyzontu na obrazie **wpływa** tedy na rysunek, a przezorny artysta sporządzi na dobrze wprzód obmyślany temat w razie potrzeby i więcéj, choćby nawet bardzo pobieżnych szkiców o rozmaitym horyzoncie i skłoni się z pomiędzy nich do tego, który zmysł estetyczny najmiléj uderzy. To nieokreślone wewnętrzne zadowolenie, jakie na widok każdego dzieła sztuki duszą owłada, będzie tém większe, jeżeli artysta, lub wystawca w tym razie, obraz w myśl §§. 85 i 87 **stosownie** na ścianie, t. z. z horyzontem w wysokości oka patrzącego umieści. Chociaż atoli w tym jedynie wypadku najkorzystniejsze wrażenie nastąpi, to wzgląd ten żadnych wskazówek artyście nie dostarczy, któreby go skłoniły do obrania na rysunku lub malowidle horyzontu wyżéj lub niżéj. Każdy bowiem obraz da się na ścianie **horyzontem swoim** w wysokości oka umieścić (§. 87) i wywrze wtedy na niém, o ile to stosownie do stworzonych na płótnie lub kartonie warunków być może, jak najlepsze wrażenie. Nie wypływa jednak z tego, żeby tasama kompozycya ze zmienionym horyzontem nie sprawiła w stosownéj wysokośei na ścianie korzystniejszego niż poprzednio wrażenia, wrażenia o tyle cenniejszego, że zależącego wyłącznie od artystycznego pomysłu, t. j. od przyjętéj na obrazie wysokości horyzontu czyli jego od ram tegoż odległości. W jednym tylko wypadku może wzgląd na wrażenie, jakie ma obraz wywrzéć, stanowczo wpłynąć na przyjęcie wysokości horyzontu na nim. Następuje to zawsze tam, gdzie się rozchodzi o malowidło na **saméj** ścianie sali. Przypatrujący się stoi tu na posadzce, najlepsze przeto wrażenie zapewnia się w tym razie kompozycyi tylko wtedy, jeżeli się przyjmie jéj horyzont w wysokości oka stojącego przed nią widza, t. j. w wysokości 150—170 *cm.* *)

Charakterystyczne i pouczające są słowa, które Adhémar w swéj wybornéj książce „Traité de Perspective etc.“ sprawie wysokości horyzontu poświęca. Zaleciwszy w ogólności umieszczanie horyzontu w obrazach **ponad** głowami osób występujących, aby uniknąć stykania się jego z ich głowami i wynikającego stąd złego efektu przy rysowaniu krajobrazu lub placu publicznego, których całość tylko z miejsca wyższego okiem objąć można, powiada on na str. 127: „Zatrzymuję się nad tymi szczegółami nie tylko przez wzgląd na artystów, ale

---

Wysokość horyzontu powinna w razie, gdy widz, jak przypuścić można, stoi w poziomie, wynosić **około trzeciéj części wysokości obrazu** (?); jeżeli jednak przypuszczamy, że widz stoi znacznie powyżéj przedmiotu, powinno się horyzont stosownie podnieść. Należy jednak zawsze unikać umieszczenia jego **dokładnie w połowie wysokości obrazu**, gdyż **podobne postępowanie zmniejszy efekt najlepszego nawet malowidła.**« (!?)

*) Ob. znakomitą książkę Schreibera: »Lehrbuch der Perspective« str. 50.

także i na tych, którzy ich kompozycye oglądać mają — dla tych bowiem efekt stracony, jeżeli się nie ustawią w należytéj wysokości i odległości względem obrazu. W panoramach i dyoramach potęga złudzenia polega na tém, że malarz staje się w pewnym względzie panem widza, zmuszając go do przypatrywania się swemu dziełu tylko z punktu widzenia, dla którego obraz wykonał. Dla innego punktu złudzenie znikłoby zupełnie. Taksamo ma się sprawa z dekoracyami teatralnymi, które sporządzają dla punktu widzenia umieszczonego cokolwiek poniżéj wysokości galeryi pierwszego piętra. Mniéj poprawne wydadzą się one oku, które na nie ze stanowiska znacznie od owego punktu oddalonego spogląda."

Porównując obrazy znakomitych mistrzów pomiędzy sobą, dostrzega się wielkiéj w tym względzie rozmaitości. Aż do czasów Rafaela i Dürera obierano horyzont wysoki, sięgający aż do dwóch trzecich, a nawet trzech czwartych wysokości obrazu. *) Poźniéj odstąpiono od tego artystycznego zwyczaju i przyjmowano horyzont w rozmaitych wysokościach, czasem nawet bardzo nisko, jak szczególniéj malarze niderlandzcy, „których do tego zapewne płaskość ich nisko położonego kraju skłaniała." **)

Jako przykład przytacza się wysokość horyzontu na powszechnie znanych arcydziełach mistrzów Jana Matejki i Henryka Siemiradzkiego. Umieszczono w nich horyzont jak następuje:

W „Kazaniu Skargi" i „Koperniku" mniéj więcéj w połowie, w „Unii Lubelskiéj" prawie, w „Batorym" w około dwóch trzecich, w „Bitwie pod Grunwaldem" w mniéj więcéj trzech czwartych, w „Hołdzie Pruskim" w około dwóch trzecich, w „Pochodniach Nerona" i w „Skale Tyberyusza" w połowie, w „Tańcu śród mieczów" w dwóch trzecich wysokości obrazu.

§. 176. Horyzont w krajobrazach. W wysokości oka, jak zawsze, położony, jest on tu zarazem perspektywą najbardziéj oddalonéj, ostatniéj niejako na widnokręgu linii pozioméj, która szczególniéj na rozległych płaszczyznach, najlepiéj na morzu jako linia odgraniczająca błękitny strop powietrzny od ziemi lub wody wyraźnie występuje. Obrany wyżéj w krajobrazie horyzont pozwala oczywiście na lepsze rozwinięcie się planu perspektywicznego, podczas gdy niżéj położony na kompozycyi więcéj nieba i powietrza zostawia. Od artysty zależy tu trafny, stosujący się do przedmiotu wybór. ***)

---

*) Schreiber »Lehrbuch der Perspective« str. 50.

**) Schreiber »Linien Perspective« str. 75. i Thibault »Anwendung der Linien-Perspective etc.« str. 46.

***) Łuszczkiewicz »Teorya perspektywy« Kraków str. 20. — W »Traité

Gdyby przedmioty przedstawione w fig. 179—182 znajdowały się istotnie nad brzegiem morza, wtedy w wysokości horyzontu wypadłaby linia zamykająca widnokrąg, a więc dzieląca morze od nieba. Ściśle jednak rzecz biorąc, granica ta wypaść musi cokolwiek poniżéj horyzontu rysunkowego. Wypływa to z wypowiedzianego w §. 13 twierdzenia, które wymaga od każdéj linii pozioméj, mającéj w perspektywie dosięgnąć horyzontu, nieskończonéj długości; a ponieważ w licznych przykładach rysunkowych wyznaczanie odcinków w kierunku głębokości słuszność tego twierdzenia i praktycznie uzasadniło, może każdy, kto przedmiot dotąd wyłożony z uwagą przerobił, z całą świadomością rzeczy powiedzieć, że płaszczyzny poziome, jak posadzki, powały, zwierciadła wód stojących itp. musiałyby mieć nieskończone wymiary, aby w perspektywicznóm przedstawieniu dosięgały horyzontu. *)

Jakże się ma tedy rzecz z przedstawieniem widzialnéj granicy morza na rysunku perspektywicznym?

Otóż z powierzchni pozioméj morza widzimy bądź-co-bądź część tylko ograniczoną i to nawet niezbyt wielką. Że zaś jedynie to, co widzimy, może być przedmiotem perspektywicznego przedstawienia, przeto powierzchnia owa pozioma posiada dla rysownika tylko t a k i wymiar, jaki widzi, ten zaś jest skończony. Linia pozioma, odgraniczająca w widnokręgu morze od nieba, nie może zatem, jako nie położona nieskończenie daleko, dosięgnąć w perspektywie horyzontu ale musi wypaść p o n i ż é j niego. **) Jeżeli się jednak w ogóle przyjmuje horyzont

---

pratique de Perspective« par A. Cassagne, peintre paysagiste, Paris 1879 powiada autor na str. 26: »Jest rzeczą bardzo pożądaną, aby horyzontu nie obierano z b y t wysoko, gdyż dla artysty owe widoki niezmierne, gdzie się oko w przestrzeniach gubi, nie są już dziełem sztuki, ale raczéj rodzajem mapy geograficznéj.«

*) Odnośnie do tego wyrażają się, że między linią podstawową obrazów a ich horyzontem rozwija się »wieczność, nieskończoność«; ma to znaczyć, że między tymi liniami przedstawia się wszystko, co się tylko mieści w płaszczyźnie podstawowéj w nieskończoném jéj, od tła licząc, zagłębieniu.

**) Kulistość ziemi jest przyczyną, że z powierzchni morza widać tylko część ograniczoną; jakkolwiek jednak zwierciadło morskie płaszczyzną poziomą nie jest, to przecież okoliczność, że je w téj rozciągłości jako taką uważać można, usprawiedliwia powyższe rozumowanie. Że wpływ kulistości ziemi tém większe zniżenie się horyzontu morza pod horyzont obrazu sprowadza, im wyżéj ponad powierzchnią morza się znajdujemy (a zatem przy równoczesném rozszerzeniu się widnokręgu), t. j. że tak zwana depresya horyzontu się zwiększa, nadmienia się tylko mimochodem; artysta potrzebuje się z faktem tym o tyle liczyć, aby przynajmniéj linii odgraniczającéj morze od nieba a b s o l u t n i e n i g d y p o n a d horyzontem nie rysował, gdyż t o byłoby już błędem kardynalnym. Podobnie zaznacza się jako rzecz stanowczą, że w krajobrazach o zwykłéj wysokości horyzontu ukazujące się w oddali wzgórza występują na rysunku z a w s z e p o w y ż é j horyzontu, a to oczywiście tém mniéj, im są daléj położone. Zjawisko to tłómaczy się tém, że wierzchołki owych gór w każdym razie przecież wyżéj leżą niż oko artysty.

morza w wysokości horyzontu obrazu, to popełniony błąd jest nieznaczny i można wreszcie na to zezwolić.

Gdyby w rysunku fig. 179—182 obrano horyzont morza właśnie w horyzoncie obrazu, widaćby było też w figurze 179 bardzo wiele nieba i powietrza obok nie dość rozwiniętego planu. Z podnoszeniem horyzontu ku górze perspektywa zmienia się, a w fig. 182 widzimy plan już bardzo rozwinięty przy wysokim stanie morza, a więc mało nieba. Gust artysty ma tu zupełną swobodę. W każdym razie jednak figura ostatnia posiada horyzont zawysoki, wybór powinienby przeto paść na drugą lub trzecią.

Nadmienia się jeszcze w końcu, że rysunek, którego horyzont mieści się w zwykłéj wysokości, t. j. w wysokości figury ludzkiéj, lub też niezbyt wiele wyżéj albo cokolwiek niżéj, nazwaćby można rysunkiem w perspektywie zwyczajnéj; jeżeli zaś horyzont jest niezwykle wysoki, a więc np. powyżéj budynków pewnego miasta lub dzielnicy jego, to perspektywa tego rodzaju zowie się p e r s p e k t y w ą p t a s i ą.

Tak więc reguły pewnéj co do obierania horyzontu ustanawiać nie można, a uwagi w téj dla kompozycyi tak doniosłéj sprawie dotknęły tylko takich okoliczności, któreby po należytém rozpatrzeniu się w obranym do artystycznego wykonania przedmiocie wybór ułatwiały.

§. 177. P e r s p e k t y w i c z n a j e d n o ś ć. Po stanowczym wyborze wysokości horyzontu na obrazie, po przyjęciu punktu oka w środku jego i obraniu stosownéj do rozmiarów malowidła lub rysunku wielkości odstępu oka nic już dowolnego w dalszém kreśleniu perspektywy być nie może; owszem wszystkie jéj szczegóły w obrazie m u s z ą się do owych już przyjętych zasadniczych czynników perspektywicznych stosować. Tak musi każda linia pozioma, położona gdziekolwiekbądź na obrazie, punkt zbiegu mieć na h o r y z o n c i e, wszystkie do tła prostopadłe proste zbiegać się w j e d n y m p u n k c i e o k a, tak skracają się w s z y s t k i e p e r s p e k t y w i c z n i e p r z e d s t a w i o n e o d c i n k i p r o s t y c h stosownie do przyjętego raz a niezmiennego odstępu oka. Konieczność ta, objęta mianem „perspektywicznéj jedności", wyda się niewątpliwą, jeżeli zechcemy, co powinniśmy, pamiętać, że obraz wówczas tylko najkorzystniejsze wrażenie wywrze, jeżeli oko widza p e w n e a względem obrazu s t o s o w n e stanowisko zajmie; a że jak wiemy stosowność ta zależy właśnie od wysokości horyzontu, położenia punktu i wielkości odstępu oka, daléj że z owego wśród tylu względów dla doskonałości efektu obranego stanowiska c a ł o ś ć rysunku lub malowidła rozpatrujemy — to łatwe do pojęcia, że zamierzone wrażenie wówczas tylko z obrazu uderzy, jeżeli perspektywy wszystkich bez wy-

jątku części jego tymsamym zasadniczym czynnikom perspektywicznym ulegną.

Przeciwko téjsaméj przez się jasnéj zasadzie nie wykroczy nigdy kreślenie perspektywiczne według pewnego, ułożonego z góry, a jednolitego planu. Przy kompozycyach ze studyów, które pochodzą z rozmaitych miejsc i różnych czasów, pewnie że rzecz wypaść mogłaby inaczéj. Zważmy tylko, ileto przezorności artystycznéj i umiarkowania wśród licznego nieraz materyału potrzeba, którego każdy numer (jako samodzielna perspektywa) właściwy horyzont, punkt i odstęp oka posiada, a wszystkie razem w harmonijną całość spłynąć mają. Zbłądziłby, ktoby pamiętając tylko o stosowném ich ugrupowaniu i połączeniu przeniósł je wprost na karton lub płótno; sztuka wymaga tu czego innego, a artysta z prawdziwém wykształceniem przerysuje wszystkie studya według przyjętych na obrazie warunków perspektywicznych czyli wszystkie te dla rozmaitych horyzontów, punktów i odstępów oka otrzymane szkice na obrazie tak przedstawi, aby się z zachowaniem właściwego im wyrazu i stosunku w rozmiarach bez wyjątku do jednego w ramach całéj kompozycyi ważnego horyzontu, punktu i odstępu oka odnosiły.

Okaże to następujący przykład.

W fig. 183 przedstawiono przy lewym brzegu część domu mieszkalnego, tuż obok wysmukłą wieżę, do któréj przypiera mur wysoki, u góry zazębiony, a sięgający aż do drugiéj wieży, niższéj wprawdzie niż poprzednia lecz szerzéj od fundamentu założonéj. Z prawéj strony widać ciąg dalszy muru.

Artyście nadarzyła się sposobność zdjęcia szkicu z natury; przedstawia go fig. 183_a. Jest-to owa wieża wysmukła, narysowana, jak łatwo dostrzéc, dla bardzo wysokiego horyzontu, bo sięgającego aż większych okien prostokątnych drugiego piętra*); prócz tego bardzo z boku umieszczono punkt oka A**). Narysowane u stóp wieży postacie ludzkie służą za wyborną miarę w ocenianiu wysokości. Podobnie powstał szkic wieży drugiéj (fig. 183_b), która może znajdowała się w inném zupełnie miejscu, a więc i w innym czasie weszła do rysowniczéj teki. Przyjąwszy, że karton w obu wypadkach był jednakowéj wysokości i że artysta starał się tak tu jak tam szkicem swoim zająć cały ten kartonu wymiar, to z umieszczonych w fig. 183_b osób widać zaraz, że wieża druga jest niższą od pierwszéj,

---

*) Wytłómaczyć to da się tém, że jedynie może dogodném do szkicowania miejscem był wierzchołek pobliskiego pagórka tak, że płaszczyzna pozioma, przechodząca przez oko siedzącego tam rysownika, zajmowała wysokość owych okien.

**) Na takie umieszczenie nie możnaby się zgodzić, gdyby szkic miał być wprost w téjsaméj postaci wykonany jako obraz i stanowił tak całość. Tu ma on być tylko materyałem do późniejszéj kompozycyi.

osoby bowiem figury 183_b są większe od osób w szkicu pierwszym, jakkolwiek zagłębienie położonych najbliżéj tła postaci jest w obu wypadkach jednakowe. Z tego wynika, że wysokość figury ludzkiéj w drugim rysunku jest w stosunku do wieży znaczniejsza niż w pierwszym albo, co na tosamo wychodzi, że przy równéj wielkości osób w obu wypadkach wieża druga jest mniejszą od pierwszéj.

Oba te w różnych czasach i miejscach zdjęte szkice chce artysta połączyć w całość jak w fig. 183. Gdyby je wprost tylko odrysował, łącząc zazębionym murem obie wieże, i umieścił u lewéj budynek, to popełniłby kilka więcéj lub mniéj rażących niewłaściwości. I tak łatwo dałoby się linią i cyrklem wykazać w kompozycyi horyzontów dwa, nadto byłyby osoby u jednéj i drugiéj wieży (przeniesione dla konsekwencyi wprost ze szkicu) różnéj wielkości. Wobec tego zachodziłaby wątpliwość, do którego też z horyzontów stosować rysunek muru i budynku z lewéj strony i jaką wysokość nadać osobie przechodzącéj właśnie przez bramę.

Prócz tych linią i cyrklem odkrytych błędów spotkałby w końcu rysownika słuszny zarzut nieumiejętnego pod względem artystycznym ugrupowania przedmiotu. Ze szkicu 183_b widać, że frontem do widza, t. j. równolegle do tła zwrócona ściana jest dosyć pusta, gdyż prócz czterech otworów okiennych niczem jéj nie urozmaicono. Przeciwnie ściana druga, prostopadła do tła i z tego powodu w znaczném w perspektywie ukazująca się skróceniu, nierównie więcéj jest ożywiona, widać na niéj bowiem prócz sześciu otworów okiennych u dołu jeszcze dwie gotyckimi łukami zasklepione bramy, oddzielone od siebie i od naroży wieży trzema skośnie ograniczonymi filarami, które mur podpierają. Gdyby ścianie frontowéj nadano kierunek zagłębienia, a drugą wykreślono równolegle do tła, to korzyść byłaby dwojaka. Najpierw zwęziłaby się w rysunku przedewszystkiem ściana pusta i nie raziłaby tak swą nagością, gdy przeciwnie bardziéj urozmaicona ściana boczna szkicu 183_b obudziłaby będąc frontem większe zajęcie, bo kontury okiennych jéj otworów i filarów zarysowałyby się szerzéj i wyraźniéj.

W tym duchu powstała fig. 183. Kierując się względem na jedność perspektywiczną, przyjęto w niéj horyzont a na nim punkt *A* we środku obrazu, a narysowawszy budynek mieszkalny przy lewym brzegu, umieszczono tuż przy nim wieżę z fig. 183_a, ale — jak tego łatwo dostrzéc — z pewnymi zmianami.

a) Obniżony horyzont nie sięga nawet gzymsu, który oddziela dół od piąter wieży, stąd silny spadek poziomych krawędzi wyżéj w ścianie bocznéj położonych okien, jako też krawędzi, które są brzegiem dachu na wieży. Dlatego też widać w fig. 183 wszystkie okna frontowéj ściany, ponad gzymsem,

z dołu (t. z. widać strop ich sklepień) a z gzymsu samego płaszczyznę dolną płyty gzymsowéj. W fig. 183_a widziano dla wysokiego horyzontu płytę gzymsową z wierzchu, a z okien sklepionych poziomą dolną część otworu okiennego.

b) Ściana boczna i jéj otwory są znacznie węższe niż w fig. 183_a, a zamiast dwóch płaszczyzn dachu widać już tylko jednę. Polega to na zbliżeniu się ściany bocznéj do punktu *A*.

Rozumie się, że wymiary wieży z fig. 183_a i przeniesionych stamtąd osób w fig. 183 powiększono w tym samym stosunku.

Wykreśliwszy część muru zazębionego, nadano przy przerysowaniu wieży z fig. 183_b frontowéj jéj ścianie kierunek zagłębienia, podczas gdy druga otrzymała położenie równoległe do tła. Dlatego też dążą wszystkie, w fig. 183_b równoległe do horyzontu krawędzie, w fig. 183 do punktu oka *A*, a wszystkie dawniéj w punkcie *A* zbieżne zajęły w kompozycyi równoległe względem horyzontu położenie. Tak uległa fig. 183_b daléj idącym przeobrażeniom niż fig. 183_a, bo obok zniżenia horyzontu nastąpiła jeszcze wzajemna zamiana kierunków ścian. Szczegóły, jak otwory okienne, zasklepienia bramy i filary przyporowe wykreślono w rozmiarach takich, jak je figura 183_b podaje; wieżę zaś całą zniżono wobec pierwszéj naturalnie o tyle, ile tego miara jednostki wspólnéj, t. j. wysokość człowieka wymagała.

Zmiana kierunku ścian jedno jeszcze wywołała zjawisko. Mówimy tu o wyskokach filarów u spodu muru. Występują one, jak widać, w fig. 183_b wcale znacznie ze ściany, którą nimi podparto; w fig. 183 wypadają wyskoki te, geometrycznie biorąc, o wiele mniejsze, jakkolwiek w istocie z wielkości swéj nie tylko nic nie utraciły, lecz w porównaniu ze szkicem (fig. 183_b) na kompozycyi są powiększone. Szczególność zjawiska znika, jeżeli się zważy, że wyskok w fig. 183_b do tła równoległy w niewielkiém, zależném tylko od zagłębienia jego zmniejszeniu się przedstawia, w fig. 183 zaś, posiadając kierunek zagłębienia, już dla tegosamego, jak wiadomo, mocno a to tém bardziéj się skraca, im większy jest odstęp oka. Odnosi się to i do szerokości filarów, które w rysunku 183 wypaść muszą wielkie, podczas gdy w 183_b wydają się małe.

Powyższy przykład tłómaczy, co obejmuje wyraz „perspektywiczna jedność” i wskazuje sposób jéj zastosowania w praktyce.

Odnośnie do perspektywicznéj jedności znajdujemy w „Traktacie o malarstwie” Leonarda da Vinci, wydanym w Paryżu 1651 (tłómaczył na polskie Wojciech Gerson, Warszawa 1876) na stronie 15 rozdział 54 wyrażenie się następujące: „Malują scenę z widokiem i budynkami, nad nią umieszczają drugą, zmieniając pierwszy punkt widzenia, następnie trzecią i czwartą tak,

iż malowidła na jednéj ścianie pomieszczone mają trzy i cztery punkty widzenia, co dowodzi wielkiego nierozumu podobnych mistrzów. Wiemy bowiem, że punkt widzenia leży na równi z okiem patrzącego na obraz; etc.*)"

Uwaga. Nie od rzeczy będzie tu nadmienić, że perspektywiczna jedność, tak dla naszych pojęć sztuki nieodzowna, obcą była artystom starożytności. Wprawdzie nie doszedł nas ani jeden ze znakomitszych obrazów ich pędzla, któryby służył za naoczny dowód wypowiedzianego co dopiero zdania, ale i współcześni autorowie, donosząc o kilku sławnych podówczas dziełach, wcale nie wspominają o ich perspektywie. Po artystach z czasów cesarzy rzymskich — o których wiadomo, że byli przeważnie Grekami — odkryto w wykopaliskach pompejańskich dobrze utrzymane malowidła ścienne, z których się okazuje, że wiadomości tych malarzy w perspektywie były bardzo szczupłe. Zbiegają się wprawdzie w poszczególnych polach obrazu linie do tła prostopadłe partyami w jednym punkcie, punkcie oka niejako, ale tych punktów jest dwa, trzy i więcéj.

Fig. 184 skopiowana z dzieła Raccinet'a „L'ornement polychrome" przedstawia zarys takiego malowidła. Widać w niéj, że wprawdzie na linii środkowéj, około któréj cały rysunek symetrycznie się układa, perspektywy poszczególnych, prostopadłych do tła krawędzi partyami się schodzą, ale takich punktów zbiegu jest tu mnóstwo. O jedności perspektywicznéj nie ma zatem w owych malowidłach i śladu, z czego wnosić można, że na obrazach dawnych mistrzów greckich także nie inaczéj być musiało.

§. 178. W y j a ś n i e n i e j e d n é j j e s z c z e s p r a w y, k t ó r a z w ł a s z c z a r o z p a t r u j ą c y m s i ę d o p i e r o w n a u c e p e r s p e k t y w y s p r a w i ć m o g ł a b y p e w n ą t r u d n o ś ć. Zwróciwszy uwagę na mur zazębiony fig. 183, którego ściana jest do tła równoległą, spostrzega się, że wszystkie jego zęby i odstępy między nimi mają na rysunku jednakowe (geometrycznie) wymiary, które w rzeczywistości są także między sobą równe. Rzecz cała polega na §. 42 i zdaje się nie nasuwać żadnych wątpliwości.

Przedstawmy sobie, że mamy w istocie mur taki przed sobą. Z zębów, jakkolwiek są jednakowéj szerokości, w y d a d z ą s i ę wprost naprzeciwko widza położone w i ę k s z y m i od

*) Że nawet i po dziś dzień niektórzy autorowie perspektywy błędnie w tym względzie się zapatrują, dowodzi ustęp z Péquégnota »Leçons de Perspective« str. 39. Czytamy tam : »Zdarza się często w widokach prostych, że w wyższych częściach architektury linie spadają nagle do swego punktu zbiegu, z czego wynikają widoczne deformacye. Można w tym razie obrać na pionowéj wzniesionéj w regularnym punkcie zbiegu drugi punkt zbiegu wyżéj położony.« Okazuje on to na fig. 79.

tych, które daléj od oka jego po prawéj lub lewéj stronie sterczą. W rysunku perspektywicznym, którego tło równoległe jest do ściany muru, szerokości te wypadną w myśl §. 42 mimo tego jednakowo, jakkolwiek zdawaćby się mogło, że na podstawie tego, co się w naturze widzi, należałoby na kartonie dać zębom różne wymiary, a to tém większe, im bliżéj patrzącego oka znajdują się. Zachodzi tu niewątpliwie pewna, ale w istocie pozorna tylko sprzeczność. Rysunek rozpatruje oko z miejsca znajdującego się jak wiadomo naprzeciwko punktu *A*. Z zębów rysunku najbliższe oka są te, które się i punktu *A* najbliżéj znajdują; w miarę oddalania się od tegoż oddalają się one także coraz bardziéj od oka samego. Z tego wynika, że zęby jednakowéj na rysunku szerokości widzi oko pod rozmaitymi kątami widzenia, pod większym bliższe, dalsze pod mniejszym, malejącym w miarę odległości. Jak do wielkości tego kąta wydają się i przedmioty widziane (w myśl §fu 2) różnie wielkie, a więc wydadzą się bliżéj punktu *A* narysowane zęby szerszymi od bardziéj od tego punktu oddalonych. Rysunek sprawia tedy mimo jednakowéj szerokości zębów na oku takie wrażenie jak rzeczywistość, bo i on działa ostatecznie na wzrok także według praw optycznych, a równych na nim rozmiarów przestrzenie wydadzą się oku większe lub mniejsze, stosownie do swéj większéj lub mniejszéj od punktu oka odległości.

Tosamo tyczyłoby się i okien tak domu mieszkalnego w lewéj jakoteż drugiéj wieży w prawéj połowie fig. 183. Obie ściany pionowe, w których okna te występują, są jednakowo zagłębione, okna przeto równéj szerokości w naturze wypadną i w rysunku jednakowo szerokie. Że zaś okna lewego brzegu bardziéj są oddalone od *A* niż okna we wieży, to widać je znowu pod mniejszym kątem widzenia: wydają się więc w istocie mniejsze oku, którego stanowisko wprost naprzeciwko punktu *A* pada. Że różnica ta nie uwydatnia się dość wyraźnie w pozornéj ich szerokości, pochodzi z małéj ich liczby, t. j. z niedość wielkiéj rozległości rysunku. Gdyby jednak przedstawiono front gmachu z długim szeregiem okien i rozpatrywano rysunek z punktu naprzeciwko *A* położonego, to przekonanoby się, że w tym wypadku okna bardziéj od *A* oddalone wydałyby się istotnie stanowczo węższe od tych, które się w pobliżu *A* znajdują.

§. 179. Ocenienie definicyj „perspektywy". Nieco o złudzeniu wynikającém z perspektywicznego rysunku. Sprzeczność między wrażeniem a rysunkiem (§. poprzedni) zachodziłaby tylko wtedy, gdyby utartą, a już według §. 161 niezupełnie ścisłą definicyą „jakoby perspektywa miała przedstawiać przedmioty

na rysunku tak, jak się z pewnego stanowiska wydają" jako axyomat przyjęto, nie dopuszcza jéj zaś postać, jaką definicyi owéj nadał §. 1. Brzmi ona tam: „Perspektywa podaje umiejętnie uzasadnione sposoby sporządzania rysunku, który sprawia na widzu takie wrażenie, jak przedmiot z pewnego stanowiska obserwowany" *) i obejmuje jako taka i sprawę konturów kuli (§. 161), bo oko patrzące na rysunek ze stosownego miejsca odbiera z owego eliptycznego konturu wrażenie okrągłości, a więc wrażenie takie, jakie sprawia rzeczywistość.

W nadmienionym wyżéj traktacie o malarstwie Leonarda da Vinci czytamy na str. 16 rozdział 59: „Jako obraz powinien być widziany jakoby przez okno (szybę)" co następuje: „Obraz powinien być jakoby widziany z jednego okna tak, jak się wydają kształty, kiedy są tak rysowane, a jeżeli chcesz w pewnéj wyniosłości zrobić kulę okrągłą, należy ją zrobić przedłużoną w kształcie jaja**) i oddalaj się od niéj dopóty, póki skrócona nie wyda ci się okrągłą (kulistą)." ***)

Rysunek perspektywiczny wywołuje zatem niewątpliwie w pewnéj mierze złudzenie zmysłowe. Mylném jednak jest zdanie, jakoby rysunek perspektywiczny mógł lub powinien widza łudzić do tego stopnia, żeby sądził, że zamiast rysunku przedmiot przed sobą widzi.****) W sprawie téj mówi Schreiber (Linien-Perspective str. 67): „Złudzenie to tak daleko sięgać ani nie może, ani nawet nie powinno, gdyż estetyczne zadowolenie, jakie dusza z każdego dzieła sztuki odnosi, polega właśnie na świadomości, że geniusz ludzki jest twórcą owego dzieła. Zadowolenie znikłoby, a raczéj powstaćby nie mogło, gdyby złudą mamione oko widza zamiast obrazu przedmiot rzeczywisty przed sobą mieć sądziło. Znaną jest anegdota o dwóch ma-

---

*) W tym duchu podają ją dzieła: Tilscher »System der techn. malerischen Perspective« str. 267—270; Schreiber, »Linien-Perspective« str. 4 i »Lehrbuch der Perspective« str. 2; Łazarski i Rembacz »Perspektywa linijna« Lwów 1880 str. 2; Dietzel »Elemente der Perspective« Leipzig 1864 str. 1; Montucla »Histoire des Mathematiques« tome I str. 706 Paris An VII (1799); Hebenstreit »Encyklopädie der Aesthetik« Wien 1842 str. 552; Green »A Guide to pictorial Perspective« London 1851 str. 8.

**) Wyrażenie nieścisłe, powinno być »w kształcie elipsy«.

***) Przypisek tłómacza, jakoby »ostatnia część ustępu (o podłużności persp. kuli) nie ściągała się do nauki rysunku i malarstwa etc.« każe się domyślać, że tłómacz w tym względzie niezupełnie podzielał słusznych zapatrywań Leonarda.

****) Zabawne w tym względzie wyrażenie znajduje się w perspektywie Andrzeja Pozzo (około 1709 r.) na drugiéj stronie textu (łacińskiego i niemieckiego), a mianowicie: »Jakkolwiek oko z pomiędzy wszystkich zmysłów jest najprzebieglejsze, to mimo to sztuka perspektywy zdoła je z zadziwiającą zręcznością w błąd wprowadzić.«

larzach starożytności, z których jeden winogrona tak wybornie przedstawił, że wróble jakby na ucztę do nich się zlatywały, podczas gdy drugi pędzlem na płótno tak złudną zasłonę rzucił, iż pierwszy poza nią szukał mniemanego obrazu. Przypuściwszy, że powiastka ta jest prawdziwą, czujemy się zniewoleni do sądu, że Parrasius poza granicę artyzmu wykroczył, gdyż zamiast dzieła sztuki, na którém twórczy duch ludzki piętno swe wycisnął, przedstawiała się oku zasłona rzeczywista, a więc niejako rzemieślniczy wytwór tapicera.»

Wrażenie wywarte na oku, czyto przedmiotem samym czy też jego perspektywą, następuje na podstawie praw geometrycznych i fizykalnych, których wyrazem w perspektywie linijnéj jest ostatecznie kąt widzenia, jak to z §§. 178 i 179 wynika. Wzgląd na te prawa powinienby i rzeźbiarzy do ścisłego zaznajamiania się z perspektywą, chociażby dlatego tylko skłonić, ażeby już w pracowni ocenić mogli efekt, jaki posąg rzeźbiony po ustawieniu na podyum sprawi. Znakomity rzeźbiarz grecki Fidyasz (440 pd. Chr.) i pamiętne współzawodnictwo jego z innym mistrzem dłuta, kiedyto biegłość w geometryi i optyce ważne usługi mu oddała, zostanie na zawsze godnym wzorem do naśladowania. Ateńczycy potrzebowali posągu Minerwy, który na słupie ustawić miano. Fidyasz i Alkamenes otrzymali zlecenie wykucia, każdy z osobna, posągu téj bogini; piękniejszy miał otrzymać pierwszeństwo. Alkamenes, nie znający praw optyki, nadał swéj Minerwie postać wysmukłą i nader powabne rysy twarzy. Nic piękniejszego nad tę figurę nie było z bliska; każdy spieszył oglądać ją w pracowni mistrza. Fidyasz wyposażył posąg swój zupełnie inaczéj. Otwarte usta Minerwy, jéj nozdrza rozszerzone i surowo zarysowany wyraz twarzy wydały się w pracowni tak niepowabnie, że artyście zagrażało ukamienowanie ze strony ludu. Gdy atoli obydwa posągi ustawiono w należytych wysokościach, okazała się figura Fidyasza piękną i majestatyczną i uzyskała poklask Ateńczyków, posąg zaś Alkamenesa wydał się dziecinnym i śmiesznym.*)

§. 180. Ocenienie stosunku rozmiarów na obrazie względem natury. Mówiąc o téj sprawie odpowiemy i na pytanie: Jaką część naturalnéj wielkości przedstawia obraz? Przypomnijmy sobie, że tło ustawione jest między okiem a przedmiotem, że zatem każdy przedmiot poza tłem umieszczony wypadnie w rysunku mniejszy, aniżeli rysunek przedmiotu, który tła dotyka i o którym mówimy, że przedstawia prawdziwą rysunkową wielkość, t. z. wielkość, jako rzeczywisty wymiar w rysunku przyjętą. Że zaś zwykle rysunek artystyczny przedstawia naturę w rozmiarach zmniejszonych,

---

*) Thibault str. 13 i Sutter Paris 1859 str. 3.

to jest rzeczą jasną, że rozmiar prawdziwéj wielkości przedmiotu na obrazie pewną część tylko naturalnéj wielkości jego stanowi. Ze względu na perspektywiczną jedność, według któréj wszystkie na obrazie występujące przedmioty, tymsamym perspektywicznym czynnikom ulegając, tensam w porównaniu z naturą stosunek rozmiarowy zachować muszą, jest stosunek, jaki między ową prawdziwą rysunkową wielkością jednego z przedmiotów na obrazie a jego naturalnym rozmiarem zachodzi, zarazem stosunkiem rozmiarowym między całym obrazem a naturą.

Na pytanie, jakito przedmiot na obrazie najdogodniéj za jednostkę porównania z naturą przyjąć, odpowiadamy, że jest nią wyniosłość figury ludzkiéj, a to dlatego, że wymiar jéj w naturze jest — w pewnych granicach przynajmniéj — stały.*) Przybliżywszy tedy figurę ludzką obrazu aż do linii podstawowéj, t. j. do samego tła, mierzymy tu jéj wysokość, a stosunek między otrzymaną tak cyfrą a naturalnym wzrostem człowieka jest stosunkiem rozmiarowym między obrazem a naturą. W figurach 179–182 wynosi wymiar człowieka tuż za tłem około 3 *cm*, a przyjmując naturalną wyniosłość figury ludzkiéj na 170*cm* znachodzimy, że rysunki 179—182 wykonano w ($^3/_{170}=\frac{1}{57}$) jednéj pięćdziesiątéj siódméj naturalnéj wielkości. Znane miedzioryty z obrazów Matejki „Unia Lubelska" i „Kazanie Skargi" wykonane według tego, pierwszy w około jednéj szóstéj, drugi jednéj siódméj naturalnéj wielkości.

Nie od rzeczy będzie tu jeszcze nadmienić, że w razie równoczesnego występowania na rysunku i schodów i postaci ludzkiéj, oba te przedmioty w pewnych granicach stały między sobą stosunek zachowują. Jeżeli bowiem wysokość stopnia przeciętnie około 15 *cm* wynosi, a wymiar figury ludzkiéj na 150—180 *cm* przyjąć można, to wypadnie z tego, że wysokość człowieka 10—12 krotnéj wysokości stopnia równa się, biorąc przytem oczywiście oba te wymiary w témsamém zagłębieniu. Do wymiarów postaci ludzkiéj zastosować się także należy przy obmyślaniu dymensyj okien, drzwi, rozmaitych sprzętów itd., gdyż człowiek występuje ostatecznie zawsze jako główny przedmiot w utworach artystycznych i do niego wszystkie inne części obrazu harmonijnie dostroić się powinny.**)

---

*) Korzystano z tego już mimochodem w §. 177, w którym wyniosłość figury ludzkiéj służyła za jednostkę przy porównywaniu obu wież; występujących w fig. 183.

**) Potrzebę zastosowania rozmiarów przedmiotów do wysokości człowieka podnosi już Leonardo da Vinci »Rozprawa o malarstwie« str. 69 roz dział 290. Przytacza to również Thibault »Linien-Perspective etc.« str. 50.

DZIAŁ DRUGI.

PERSPEKTYWA SKOŚNA.

Rozdział czwarty.

Teoretyczne zasady i zastosowania ich do rozmaicie ukształtowanych przedmiotów.

XIX.

Sprawy teoretyczne z uwzględnieniem całkowitego odstępu oka.

§. 181. Kąt prosty w perspektywie skośnéj. Wyznaczenie prawdziwéj wielkości danego perspektywicznego odcinku. Punkt dzielenia. Długi szereg rozsnutych dotąd przykładów okazał, że formy, z którymi rysunek najczęściéj miewa do czynienia, są w ogólności prostokątne. Wchodzący w konstrukcyą kąt prosty miał dotąd zawsze jednakowe położenie, t. j. jedno jego ramię dążyło do *A*, podczas gdy drugie równoległe było do linii podstawowéj. Podobne położenie nazwano już w §. 37 przedstawieniem kąta prostego w perspektywie prostéj. W fig. 45 wykazano, że z pomiędzy wszystkich możebnych położeń kąta prostego, obracającego się naokoło swojego wierzchołka, tylko jedno przedstawia go w perspektywie prostéj, wszystkie inne zaś w skośnéj. Ogólniejszym tedy i ważniejszym dla malarza jest niewątpliwie wypadek ostatni, a w powołanym §. 37 wytłómaczono, dlaczego mimo to zdało się konieczném wyłożyć najprzód perspektywę prostą.

Konstrukcyą perspektywicznego kąta prostego z §fu 32 dla całości następującéj teraz sprawy powtarza fig. 185. Aby bowiem w punkcie *a* wykreślić do prostéj *l* linią persp. prostopadłą, połączono punkt *O* z punktem zbiegu *z* i wykreślono w punkcie *O* geometryczny kąt prosty. Drugie ramię jego przecina horyzont w punkcie z_{90}, który jest punktem zbiegu drugiego ramienia perspektywicznego kąta prostego. Linia łącząca punkty *a* i z_{90} jest teraz do prostéj *l* perspektywicznie prostopadłą. Samo wykreślenie perspektywicznego kąta prostego nie nastręcza tedy żadnych trudności. Zagadnienie zaś, którego rozwiązanie od razu zaznajamia z istotą perspektywy skośnéj, jest następujące: Na linii *l* o punkcie zbiegu *z* (fig. 186) przyjęto odcinek perspektywiczny *Mn*. Mamy oznaczyć rzeczywistą jego wielkość.

W tym celu wykonujemy następną konstrukcyą: Po połączeniu punktu O z punktem z przenosimy długość zO cyrklem do zT na horyzont, przez co po wykreśleniu linii OT powstaje trójkąt równoramienny zOT. Linia łącząca punkty T i n odcina na PP punkt N. Twierdzimy teraz, że odcinki MN i Mn są perspektywicznie równe, czyli że wymiar MN jest prawdziwą długością perspektywicznego odcinku Mn.

Aby postępowanie to uzasadnić, przypatrzmy się w fig. 186 perspektywicznemu trójkątowi MNn. Leży on na pł. podstawowéj; bok jego MN znajduje się na linii PP, boki zaś Mn i Nn mają punkty zbiegu w z i T na horyzoncie. Uzmysłowmy sobie położenie prostych Mn i Nn w przestrzeni. Z §. 11 wiemy, że oko znajduje się przed tłem w odległości AO naprzeciwko punktu A. Linie z oka do T i z dążące zamykają wraz z odcinkiem Tz horyzontu trójkąt, który się w powietrzu niejako, a mianowicie na płaszczyźnie H horyzontu znajduje. Trójkąt ten, jako przystający do narysowanego trójkąta TOz, jest równoramienny.

Dla łatwiejszego zrozumienia dalszego wywodu przedstawimy rzecz w figurze niejako przestrzennéj. Na tle T (fig. 187) leży perspektywiczna linia l, która, w punkcie M linią PP przecinając, dąży do punktu zbiegu z. Aby prawdziwą wielkość przyjętego na niéj odcinku Mn wyznaczyć, przenosi się po wykreśleniu prostéj zO długość tę zO do zT na horyzont. Linia łącząca punkty T i n przecina linią podstawową w jakimś punkcie N. Po poprowadzeniu linii OT uzyskano trójkąt równoramienny TOz, położony na płaszczyźnie H horyzontu, który-to trójkąt sobie powyżéj w fig. 186 w przestrzeni uzmysłowiono. Boki OT i Oz tego trójkąta są, jako do punktów zbiegu T i z dążące, promieniami zbiegu boków Nn i Mn perspektywicznego trójkąta MNn. Linie zatem, które bokom Nn i Mn w rzeczywistości odpowiadają, leżą na pł. podstawy P, wychodzą z punktów N i M i są do promieni zbiegu OT i Oz równoległe. (Ob. §. 6). Linie te przetną się w punkcie N_1, a powstały tak trójkąt MNN_1 jest właśnie tym, którego perspektywę widać w trójkącie MNn.*) Oba trójkąty MNN_1 i MNn są do siebie perspektywicznie przystające, a ponieważ pierwszy z nich, t. j. MNN_1 z trójkątem zTO wszystkie boki parami ma równoległe, a mianowicie $MN // zT$, $MN_1 // zO$, $NN_1 // TO$, to jest do niego podobny; że zaś trójkąt zTO jest równoramienny, gdyż $zO = zT$, to i MNN_1 nim być musi, a boki jego odpowiadające liniom zO i zT, t. j. boki MN_1 i MN są sobie równe.

O ile tedy trójkąt MNN_1 jest geometrycznie równoramienny o geometrycznie równych bokach MN i MN_1,

*) Linia $N_1 n$ przechodzi jako promień widzenia przez oko O.

o tyle perspektywa jego *MNn* jest trójkątem perspektywicznie równoramiennym o perspektywicznie równych bokach *MN* i *Mn*. Ponieważ zaś bok *MN* jako na linii *PP* znajduje się i na tle, to przedstawia się w prawdziwéj swojéj wielkości; otrzymany zatem dokonaną powyżéj konstrukcyą odcinek *MN* na *PP* jest istotnie prawdziwym wymiarem perspektywicznego odcinku *Mn*.

Stąd prawidło: Wyznaczamy (fig. 186) prawdziwą wielkość *MN* położonego na pł. podstawowéj odcinku *Mn*, który dąży do dowolnego punktu zbiegu *z* i tła w jednym punkcie *M* dotyka, przenosząc długość *Oz* cyrklem na horyzont do *zT* i kreśląc z otrzymanego tak punktu *T* prostą przez drugi koniec (*n*) danego odcinku *Mn*. Prosta ta przedłużona odetnie na linii *PP* szukaną prawdziwą długość.

Na téj także zasadzie widać w odcinku *MR* prawdziwą długość perspektywicznego odcinku *Mr*.

Czémże jest teraz *NR*? Oczywiście że prawdziwą długością perspektywicznego odcinku *nr*, odcinku o położeniu ogólniejszém, gdyż nie dotyka żadnym punktem tła, ale leży obydwoma końcami poza niém.

Z tego wypływa, że prawdziwą długość położonego na pł. podstawowéj odcinku dążącego do dowolnego punktu zbiegu *z* otrzymamy, łącząc punkty jego końcowe z punktem *T* liniami prostymi i przedłużając takowe do linii *PP*. Uzyskany tym sposobem na *PP* odcinek jest żądaną prawdziwą długością owego odcinku perspektywicznego.

Kierunek poziomej linii prostéj, dla któréj tu wyszukano punktu *T*, zwanego punktem dzielenia*), był dowolny, t. j. prosta dążyła do jakiegokolwiek punktu *z* na horyzoncie. Dla linii idącéj do innego punktu zbiegu, np. z_1, otrzymuje się także inny punkt dzielenia T_1, do którego podobnie przez przeniesienie długości Oz_1, od punktu z_1 począwszy, na horyzont dochodzimy.

§. 182. Zagadnienie odwrotne §fu poprzedzającego. Na linii dążącéj do dowolnego na horyzoncie punktu zbiegu *z* (fig. 188) wyznaczamy perspektywicznie od *M* daną długość *MR*, odcinając ją od *M* na *PP* i łącząc punkt *R* z wyszukanym poprzód punktem dzielenia *T*. Wymiar *Mr* jest odpowiednim odcinkiem perspektywicznym.

---

*) O przyczynie téj nazwy w §. 183.

Gdyby chodziło o perspektywiczne odcięcie długości *RS*, począwszy od punktu *r*, mającego pewne zagłębienie, to na podstawie prawidła §fu poprzedniego łączymy *r* z punktem *T* i przedłużamy do *R* na *PP*. Następnie odcinamy tu *RS* i łączymy punkty *S* i *T*, przez co powstaje *s*. Wymiar *rs* jest żądanym perspektywicznym odcinkiem rzeczywistéj długości *RS*.

§. 183. Perspektywiczne podzielenie danéj długości np. odcinku *mn* (fig. 189) na pięć perspektywicznie równych części.

Wykr. Do tego przedłuża się odcinek *mn* aż do punktu zbiegu *z*, wyznacza następnie punkt *T* i kreśli z niego proste *Tm* i *Tn* aż do *M* i *N* na *PP*. Otrzymany wymiar *MN* dzieli się na pięć geom. równych części a to w punktach *1*, *2*, *3*, *4* i łączy je z punktem *T*. Powstałe tak proste dzielą odcinek *mn* na pięć perspekt. równych części, których prawdziwa wielkość na *MN* występuje.

Ponieważ z punktu *T* wychodzą linie, które daną długość *mn* nie tylko perspektywicznie dzielą ale zarazem prawdziwą wielkość poszczególnych tych części na *PP* odcinają, dlatego punkt *T* nosi nazwę punktu dzielenia.*)

§. 184. Perspektywa prosta jest szczegółowym wypadkiem perspektywy skośnéj. Jeżeli odcinek *mn* (fig. 190) dąży do *A*, to szukając prawdziwéj jego wielkości, wyznaczamy, jak zawsze w takich razach, punkt *D* i kreślimy linie *Dm* i *Dn* aż do *M* i *N*. Wymiar *MN* jest prawdziwą długością danego odcinku.

Takie było postępowanie w perspektywie prostéj. Porównując je że sposobem, którego używa perspektywa skośna, widać, że punkt *A* jest tém, czém w perspektywie skośnéj punkt *z*, t. j. punktem zbiegu perspektywicznego odcinku. Linia *AO* odpowiada przeto linii *zO* perspektywy skośnéj a przeniesienie w perspektywie prostéj z punktu *A* długości *AO* na horyzont jest témsamém, co w skośnéj przeniesienie z punktu *z* długości *zO*. Punkt odstępu *D* występuje zatem w perspektywie prostéj w téjsaméj roli, co punkt *T* w skośnéj, jest on mianowicie punktem dzielenia lecz tylko dla linij prostopadłych do tła. Widać z tego, że perspektywa prosta jest istotnie szczegółowym wypadkiem skośnéj, na którą to okoliczność już w §. 37 uwagę zwrócono.

---

*) Przedstawiony tu sposób perspektywicznego dzielenia danéj długości ani się nie sprzeciwia ani nie ogranicza sposobu dzielenia, który podano w §. 65. Jeżeli chodzi tylko o podzielenie danego persp. odcinku a nie o poznanie prawdziwéj wielkości jego i jego części, to metoda §. 65 zaleca się swą dogodnością, gdyż nie potrzeba tam wcale szukać punktu *T*. W razie jednak, gdyby prócz podzielenia chodziło także o wyznaczenie prawdziwéj długości odcinku i jego części, to rzecz jasna, że wyłącznie tylko punkt *T* może być użytym. (Patrz końcowy ustęp §. 65).

§. 185. S k a l a z b i e g u i d o w o l n e j é j r o z w i n i ę c i e. Z a g a d n i e n i e. Daną długość BC (fig. 191) odciąć od punktu B na linii dążącéj do z kilka lub kilkanaście razy.

Wykr. Po wyznaczeniu punktu T przenosimy długość BC na PP ile razy można np. trzy razy; z połączenia punktów C,D,E z punktem T wypadną na Bz trzy perspekt. odcinki, z których każdy równa się wymiarowi BC. Jeżeli na linii PP z braku miejsca dalszych części odcinać już nie można, postępuje się tak, jak w §§. 60 i 61. Kreślimy przeto prostą dS_1 i odcinamy na niéj od punktu E_1 począwszy długość dE_1, ile razy się zmieści. Z linij prostych łączących punkty F_1, G_1 z punktem T wypadną na Bz dalsze odcinki ef, fg równe w istotnéj wielkości wymiarowi BC.

Gdyby miano podziałkę poza punkt g rozwinąć, kreśli się fS, a ta przecina linią TG_1 pod kątem tak małym, że punktu G_2 a skutkiem tego i długości odcinku fG_2 dokładnie wyznaczyć nie można. Z uwagi jednak, że punkty C, E_1, G_2 wszystkie leżeć muszą na prostéj Cz (porównaj §. 61), można linią Cz wprost wykreślić i za jéj pomocą wyznaczyć na prostéj gS_2 punkt H_2 dokładnie. Po odcięciu, ile razy się da, długości gH_2 na gS_2 łączy się znowu punkty H_2, K_2, L_2... z punktem T. Ten sposób dozwala podziałkę na Bz z wszelką dokładnością bez granic rozwinąć.

Podziałka Bc, cd, de... na Bz zowie się s k a l ą z b i e g u. (Ob. §. 68).

§. 186. *Zagadnienia.* Rozwiązanie ich polega na wysnutych dotąd zasadach. Przy niektórych z nich poprzestano na konstrukcyi bez objaśnień, bo zrozumienie ich nie nasuwa żadnych trudności. Pamiętać jednak tu trzeba, że przedłużenia poza obręb figury nie są dozwolone.

1. Jak wielki jest perspektywiczny odcinek mn? (fig. 192).
Wykr. Rysujemy $mS//PP$ a z wyznaczonego poprzód punktu T prostą Tn aż do N_1. Długość mN_1 jest teraz wymiarem prawdziwéj wielkości perspekt. odcinku mn, zmierzonym w zagłębieniu m. Aby otrzymać rzeczywistą długość, potrzeba tylko odcinek mN_1 za pomocą dowolnie a dogodnie na horyzoncie obranego punktu Q liniami Qm i QN_1 aż do tła na PP przysunąć. (Ob. §. 45). MN na PP jest prawdziwą wielkością perspekt. odcinku mn.

2. Od punktu f na linii fz odciąć daną długość FG (fig. 193).
Wykr. Ponieważ prosta Tf nie przecina już linii PP w obrębie figury, zmniejszamy nasamprzód długość FG za pomocą dowolnego punktu Q horyzontu stosownie do zagłębienia punktu f i otrzymujemy tak fG_1. Prosta G_1T wyznacza na fz żądany odcinek.

3. Odcinek powyższy fg podzielić perspektywicznie na trzy równe części.

Wykr. Dzielimy fG_1 cyrklem na trzy równe części i kreślimy linie $1T$, $2T$, przez co powstaną punkty 1_1, 2_1, które dokonują żądanego podziału.

4. Jak wielką jest jedna trzecia fg w rzeczywistości? Czy GI? Dlaczego?

5. Jak wielki jest odcinek mp (otrzymany wedle fig. 194) w rzeczywistości? $3 \times MN$. Dlaczego?

6. Jak wielkie są odcinki perspektywiczne bc i cf (fig. 194) porównane między sobą, a jak wielkie w rzeczywistości?

§. 187. Kwadrat. Linia az (fig. 195) jest kierunkiem boku kwadratu położonego na pł. podstawy, punkt a jego wierzchołkiem; — wyznaczyć perspektywę tego kwadratu, jeżeli długość boku AB jest dana.

Wykr. Rysuje się w tym celu w punkcie a kąt prosty (według §. 181) i odcina następnie na kierunkach az i az_{90} perspektywicznie długość AB. Do tego trzeba przedewszystkiém punktów dzielenia T i T_{90}, odpowiadających punktom zbiegu z i z_{90}. Otrzymawszy je wykreśleniem łuków OT i OT_{90}, kreślimy Ta do A na PP, odcinamy tam AB i rysujemy BT, przez co powstaje punkt b; wyznaczywszy następnie $T_{90}a$ do A_1, A_1B_1 i B_1T_{90} otrzymujemy na az_{90} punkt c. Punkty b i c są już wierzchołkami kwadratu, a linie cz i bz_{90} uzupełniają jego perspektywę.

Z porównania dokonanego wykreślenia ze znaném z §. 38 widać, że obecnie rozwiązano tosamo zadanie w całéj ogólności, podczas gdy tam potrzeba było użyć fortelu. Rozumie się, że przekątna ad kwadratu w fig. 195 także przejść musi przez punkt z_{45} (uzyskany jak w fig. 46, §. 38).

Gdyby się rozchodziło o punkt zbiegu drugiéj przekątnéj bc, to już z krótkiego zastanowienia się powinnoby wyniknąć, że leży on, t. j. z^{I}_{45} w przecięciu się horyzontu z linią Oy, która połowi kąt prosty zOx, przyległy kątowi zOz_{90}. Punkt ten leży bardzo daleko od punktu A zawsze wtedy, gdy z_{45} blisko A znajduje się. Przyczynę wyjaśnia fig. 45, bo kąt $z_{45}Oz^{I}_{45}$ jest także kątem prostym.

Uwaga. Nad horyzontem przyjęto jeszcze punkt a_1 i wykreślono z niego proste a_1z i a_1z_{90}. Na linii a_1z obrano dowolnie punkt b_1 i wyrysowano b_1z_{90}. Linia łącząca punkty a_1 i z_{45} wyznaczy na b_1z_{90} punkt d_1, a prosta d_1z odetnie na a_1z_{90} wierzchołek c_1. Figura $a_1b_1c_1d_1$ jest teraz także kwadratem a sprawdzić da się to jeszcze wykreśleniem prostéj przez a_1 równolegle do horyzontu i wyznaczeniem na niéj punktów B_2 i C_2, które leżą na prostych Tb_1 i $T_{90}c_1$. Odcinki a_1B_2 i a_1C_2 są geometrycznie równe.

§. 188. Kostka. Linia bc (fig. 196) jest perspektywą krawędzi kostki, któréj dolny kwadrat leży na płaszczyźnie podstawowéj. Chodzi o perspektywę téj kostki.

Wkyr. W tym celu rysuje się w punkcie b linią bz_{90}, prostopadłą do bc, następnie pionową bW. Otrzymaną z wykreślenia prostéj Tc prawdziwą długość BC boku bc odcina się potem za pomocą T_{90} na prostéj bz_{90} ($B_1C_1=BC$) tak, że czworobok $bcde$ jest kwadratem i stanowi podstawę kostki. Dla uzupełnienia rysunku potrzeba jeszcze na pionowéj bW odciąć długość BC lub B_1C_1. Najlepiéj do tego wykreślić przez wierzchołek b kwadratu linią poziomą, która na prostéj C_1T_{90} wyznaczy punkt e_1. Długość be_1 jest także długością B_1C_1, zagłębioną aż do b. Potrzeba ją, t. j. be_1 teraz tylko cyrklem do bf na bW przenieść.

Uwaga. Jeżeli wykreślimy przekątne w kwadratach bocznych, jak bg, ek; cf, dh; bh, ck; dg, ef, to przetną się one przy dokładnym rysunku parami w punktach $+z_1$, $-z_1$, $+z_2$, $-z_2$. Przekątne te są do siebie, jak je wypisano, równoległe i dlatego mają parami wspólne punkty zbiegu, które leżą na pionowych z punktów z i z_{90}. Punkty $+z_1$ i $-z_1$ mają od punktu z jednakowe odległości, podobnie jak punkty $+z_2$ i $-z_2$ od punktu z_{90}. Punkty $+z_1$ i $+z_2$ znamionują przecinające się w nich przekątne jako linie wznoszące się w górę, punkty $-z_1$ i $-z_2$ zaś resztę przekątnych jako linie spadające. (Ob. §. 11). Jednakowe długości $+z_1z$ i $-z_1z$ wskazują na jednakowe nachylenie dotyczących przekątnych względem płaszczyzny podstawowéj, a podobnie ma się rzecz z równéj długości liniami $+z_2z_{90}$ i $-z_2z_{90}$. Nachylenie to wynosi, jak łatwo wywnioskować 45°, bo są to przecież przekątne kwadratów o pionowych i poziomych bokach. Można też na podstawie tego do punktów $+z_1$, $-z_1$, $+z_2$, $-z_2$ dojść wprost, wyobrażając sobie oko naprzeciwko A w odległości AO od tła (§. 11) i kreśląc przezeń promienie zbiegu o nachyleniu 45° do pł. podstawy. Każdy z nich jest przeciwprostokątną w trójkącie prostokątnym, którego jedna przyprostokątna (dla punktów $+z_1$ i $-z_1$) ma położenie $+z_1z$, druga położenie i wielkość linii Oz w przestrzeni (O jest okiem w przestrzeni). Trójkąt ten obrócony około linii $+z_1z$ jakoby około zawiasów i sprowadzony tak na tło zajmie położenie $+z_1Tz$, a kąt przy T ma 45°. Z tego wynika, że długość $+z_1z$ równa się Tz albo Oz.

Wypadną przeto punkty zbiegu przekątnych z przeniesienia długości zO do $+z_1z$ i $-z_1z$, a punkty $+z_2$, $-z_2$ z długości $z_{90}O$ przeniesionéj do $+z_2z_{90}$ i $-z_2z_{90}$. Ponieważ jednak ze względu na wymiar odstępu oka w obec rozmiarów obrazu punkty te $+z_1$, $-z_1$, $+z_2$, $-z_2$, nigdy w obrębie ram nie wypadną, to rzecz ta nie ma wprawdzie dla artysty szczególnéj praktycznéj doniosłości, lecz stanowi do tyla ważne ogniwo w wykładzie perspektywy, że brak jego mógłby myślących uderzyć.

XX.

Przykłady praktyczne.

A) Posadzki na płaszczyźnie podstawowéj.

Dla łatwości rysunku przyjmuje się (jak w §. 73 i dalszych) odstęp oka i punkty zbiegu z i z_{90} w obrębie obrazu. Wypadnie wprawdzie odstęp oka niedość wielki, a obrazy nie będą miały znamion artystycznych, za to jednak łatwiéj wniknąć w istotę konstrukcyi i nabrać potrzebnéj wprawy, która dozwoli w p r o s t przejść do wypadków ogólnych z przyjęciem potrzebnéj wielkości w odstępie oka.

§. 189. P r z y k ł a d p i e r w s z y. W fig. 197_a widać szkic geom. posadzki znanéj już z fig. 99. Składa się ona ze samych umiarowych ośmioboków i kwadratów.

Wykr. Po wyrysowaniu w fig. 197 horyzontu: linii podstawowéj, punktu i odstępu oka, przyjmujemy na linii PP punkt B. Ma on odpowiadać punktowi b szkicu, który kółkiem otoczono. W myśl uwagi $§^{fu}$ 91 wyznaczymy najprzód perspektywę siatki utworzonéj dwoma układami linij przecinających się pod kątem prostym. W szkicu są to linie $xx, yy ..., bv, aw ...$

Jeżeli punkt z horyzontu przyjęto jako punkt zbiegu linij o kierunku xx, yy, to uzyskujemy za pomocą punktu O sposobem znanym punkt z_{90} jako punkt zbiegu linij do tamtych prostopadłych a więc prostych bv, aw... Linia MN szkicu, która przechodzi przez puukt b a równoległą jest do xx, yy..., ma tedy w perspektywie położenie Bz. Należy na niéj odciąć perspektywicznie wedle szkicu na przemian długości ba, ab, ba... Wyznacza się w tym celu na horyzoncie najpierw punkt T i odcina następnie na linii podstawowéj wzięte ze szkicu długości ba, ab, ba... cyrklem na przemian, od punktu B wychodząc. Uzyskane tak na PP punkty a_1, b_1, a_1... łączy się z punktem T i znaczy na linii Bz perspektywiczną podziałkę B, a, b, a... Punkty te łączymy z punktem z_{90} liniami prostymi, które już są perspektywami linij o kierunku bv, aw...

Teraz mamy wedle szkicu wyznaczyć na linii Bz_{90} perspektywicznie tesame co poprzód odcinki, t. j. długości bc, cd, dc... na przemian, rozpoczynając znowu od B. W tym celu szukamy najprzód na horyzoncie punktu T_{90} i znaczymy następnie na PP odcinki Bc_1, c_1d_1, d_1c_1... Uzyskane tak punkty c_1, d_1, c_1... łączy się z punktem T_{90} i otrzymuje tak na linii Bz_{90} podziałkę B, c, d, c... Linie, które z punktów jéj dążą do z, uzupełniają siatkę perspektywiczną.

Jeżeli posadzka ma być tak rozszerzona, aby róg pokoju, w którym się krawędzie jéj przecinają, wypadał w głębi przy L, to należy wprzód podziałkę B, c, d... na linii Bz_{90} dalej rozwinąć. Najdogodniéj kreśli się tu z dowolnie na horyzoncie

obranego punktu F*) do ostatnich trzech punktów d',c',d', które na linii Bz_{90} jeszcze za pomocą podziałki na *PP* otrzymano, linie proste i przecinamy je w dowolném zagłębieniu poziomą $d'r$. Na niéj powstaną odcinki $d'c'$ i $c'd'$, które cyrklem do $d'c'$ i $c'd'$ na téjże pozioméj daléj przenosimy. Linie łączące uzyskane w ten sposób punkty prostéj $d'r$ z punktem F odetną na linii Bz_{90} dalsze punkty podziałki *c, d, c, d*... w potrzebnéj ilości (§. 68). Możemy zatem w tym kierunku siatkę perspektywiczną liniami do *z* dążącymi dowolnie rozwinąć. Przy rozszerzaniu podziałki téj po prawéj stronie linii *Bz* wystarczy, jeżeli długości, jakie linie *Bz, cz, dz, cz*... na *PP* na przęmian odcinają, t. j. długości *Bf, fg, gf*... na prawą stronę punktu *B* do *Bl, li, il*... przeniesiemy i punkty *l, i, l, i*... z punktem *z* połączymy.

W tensam sposób można siatkę i liniami do z_{90} dążącymi dowolnie uzupełnić i rozwinąć ją do potrzebnéj głębokości. W gotowéj teraz siatce rozpoczyna się właściwy rysunek od wybitnego wyznaczenia kwadratów *1234* zawartych wedle 197_a między prostymi *xx, yy, bv, aw*. Pierwszym z nich jest kwadrat *Bcfa*, który odpowiada w szkicu kwadratowi *bcfa*. Następnie rysuje się boki ośmioboku *24, 24, 24*... i *f1, 31*... *3b, 31*..., które, jak fig. 197_a wykazuje, tworzą przedłużenia przekątnych kwadratów *1234*.

Zauważyć należy, że wszystkie krawędzie *f1, 31*... *3b, 31*... ośmioboku dążą do punktu z_{45} (§. 187) będącego punktem zbiegu przekątnych, które kąt prosty w kwadracie połowią. Druga serya boków jak *24,24*... dąży do drugiego punktu zbiegu z^1_{45} na horyzoncie (§. 187).

§. 190. P r z y k ł a d d r u g i. Podobnie postąpiono w rysunku fig. 198, któréj szkic przedstawia fig. 198_a. Widać z niego, że siatka składa się z umiarowych ośmioboków jak *xabcdfgh* i kwadratów *gnhy, axqv, dfe., cbk.*, podobnie jak w figurze poprzedniéj, tylko że kwadraty te przypierają nie do poziomych i pionowych lecz do ukośnych boków figur ośmiokątnych.

W y k r e ś l e n i e perspektywiczne téj siatki rozpoczynamy przyjęciem punktu *x* na *PP*, który niech odpowiada punktowi *x* szkicu geometrycznego. Przyjąwszy, że pozioma *xhn* szkicu dąży w perspektywie do *z*, kreślimy *zO* i szukamy drugiego punktu zbiegu z_{90}. Po następném wykreśleniu punktów *T* i T_{90} rozpatrujemy w celu dalszéj perspektywicznéj konstrukcyi siatki, szkic geometryczny. Widać z niego, że wierzchołki ośmioboków leżą na prostych, które tworzą dwa prostopadłe do siebie układy, jak *vk, mb, xc*... *ne* i *qy, vn, ag*... *ke*. Linie te nie na-

*) Może to być także który z wyznaczonych już na horyzoncie punktów *T* lub *A*; *F* obrano tylko dla zaznaczenia, że ten punkt jest w ogólności dowolny.

stępują jednak po sobie tak, jak w fig. 197_a, aby odległości ich od siebie zmieniały się tylko kolejno, lecz układ ich jest inny. Na linii pozioméj *vn* mianowicie odznaczają wyż wymienione pionowe *vk*, *mb*... *ne* odcinki krótsze i dłuższe, które jednak tak między sobą się zmieniają, że po dwóch krótszych, jak *vm*, *mx* następuje dłuższa *xh*, potem znowu dwie krótsze *hl* i *ln*, znowu dłuższa itd. Taksamo ma się rzecz z odcinkami na liniach pionowych szkicu.

Na podstawie powyższych danych rysujemy z punktu *x* na *PP* proste *xz* i xz_{90}. Następnie znaczymy na *xz* perspektywiczne odcinki *xh*, *hl*, *ln*, *np*... a to przez połączenie punktów h_1, l_1, n_1, p_1... linii *PP*, które cyrklem ze szkicu wprost tu przeniesiono, z punktem *T*. Z uzyskanych tak na *az* punktów *h*, *l*, *n*, *p*... kreśli się linie do z_{90} i przedłuża tę część siatki i po prawéj stronie linii xz_{90}, a to przez odpowiednie przeniesienie odcinków *xH*,*HL*... linii *PP* na prawą stronę punktu *x* i wykreślenie stamtąd dalszych do z_{90} dążących prostych.

Podobnie otrzymamy na prostéj xz_{90} za pomocą punktu T_{90} i punktów x, r_1, s_1, c_1... podziałkę *x*, *r*, *s*, *c*...; linie z punktów jéj do *z* dążące, rysunek siatki uzupełniają. Na niéj znaczymy wyraźniéj cokolwiek kontury ośmioboków, jak np. *xhgfdcba*, bacząc na to, żeby równoległe do siebie boki *xh*, *dc* dążyły do *z*, boki zaś *gf* i *ab* do z_{90}, *hg* i *bc* do z_{45}, reszta zaś *fd* i *ax* do z^{I}_{45}, którego na rysunku nie ma. Boki te otrzymać tylko można przez tak dokładne przyłożenie lineału, aby krawędź jego przez wszystkie podobne, a w rysunku siatki już znajdujące się wierzchołki przechodziła.

Po wykreśleniu tych ośmioboków rysujemy w nich linie *fx* i *da*, *gc* i *hb*, które podobnie znakowanym liniom szkicu odpowiadają. Pierwsze dwie dążą do z_{45}, drugie do z^{I}_{45}. Wewnątrz tych prostokątów *fdax* i *ghcb* leżą mniejsze, które otrzymamy po ponownem rozpatrzeniu się w fig. 198_a. Widać tam, że punkty *8* i *1*, przez które boki mniejszych prostokątów przechodzą, leżą na wykreślonym już boku *gc* większego prostokąta, a mianowicie tam, gdzie się on z liniami *dh* i *fb* siatki przetnie. Otrzymano więc i w perspektywie te punkty jako punkty przecięcia się prostych odpowiadających liniom szkicu. Przez *8* i *1* przechodzą boki mniejszych prostokątów, a sięgają do przecięcia się z liniami siatki *ga* i *cx*. Nieinaczéj wyznaczono punkty *7*,*6* jako punkty przecięcia się boku *fx* z liniami siatki *dh* i *ag* i wyrysowano drugi z miejszych prostokątów. Znając teraz kontury prostokątów w ośmioboku *xa*..*gh*, uważać tylko należy, aby je stosownie do szkicu w należytych miejscach poprzerywać. Co się zrobiło w tym ośmioboku, powtarza się we wszystkich innych.

Rozumie się, że przy rysowaniu krótkich boków, jak *tu*, *rs*, *vw*... prostokątów mniejszych, przykładamy dla dokładności

rysunku krawędź lineału zarazem do odpowiadających boków w innych ośmiobokach, tak np. przechodzi ona jednocześnie przez boki *tu*, t_1u_1, t_2u_2, które się wszystkie od razu rysuje. Tosamo przy innych.

Z obu przerobionych przykładów widać, że zasadniczych trudności w rysowaniu siatki nie ma i że tylko szczegółowe wypracowanie rysunku perspektywicznego wymaga nieco, a to oczywiście tém większéj uwagi, im zawilszy jest deseń parkietu.

B) Przedmioty bryłowe.

W figurach 199 i 200 przedstawiono przedmiot, którego szkic geometryczny widać w §. 199a.

§. 191. Rysunku dokonano bez pośrednictwa perspektywicznego planu pomocniczego. Opis ogólny. Na kwadratowéj płycie *abab* spoczywa druga, która w górnéj swéj części *eimkfl* przechodzi w umiarowy ośmiobok; ten jest podstawą ostrosłupa o wierzchołku s. W płaszczyźnie *qntop* znajduje się figura *qntopyuvzwxj* formy krzyżowéj, która jest podstawą graniastosłupa.

Wykr. Przyjąwszy w fig. 199 horyzont, linią podstawową, punkt A i odstęp oka AO (odcięty na linii AO powyżéj horyzontu) jakoteż jeden punkt zbiegu z, szukamy sposobem znanym drugiego z_{90} i obu punktów dzielenia T i T_{90}.

W myśl §. 111 rozpoczyna się konstrukcya wykreśleniem planu perspektywicznego. Po przyjęciu w tym celu punktu a w pewném zagłębieniu jako wierzchołka, który punktowi a szkicu geometrycznego odpowiada, rysujemy linie az i az_{90}. Na obu tych prostych należy odciąć długość $ad=ab$ szkicu, którego wymiary w perspektywie podwojono. Kreśli się zatem linią $T_{90}a$ aż do a_2 na PP, odcina tamże $a_2b_2=2\times ab$ (ze szkicu) i rysuje prostą b_2T_{90}, która na az_{90} odetnie wierzchołek b perspektywicznego kwadratu *).

Gdyby po wykreśleniu linii Ta do a_1 brakło na linii PP miejsca tak, że $2\times ad$ od punktu a_1 na PP się nie zmieści, to odcinamy połowę, t. j. $a_1d'/_2=ad$ i rysujemy prostą $d'/_2T$, która na linii az wyznaczy punkt $d/_2$. Długość $ad/_2$ równa się połowie boku kwadratu; wystarczy, jeśli ją od punktu $d/_2$ na linii az jeszcze raz perspektywicznie przeniesiemy, a to za pomocą dowolnego punktu F horyzontu. Wykreślona z niego prosta $Fd/_2$ odznaczy na pozioméj wierzchołka a punkt $d'/_2$. Odcinek $ad'/_2$ przeniesiony do $d'/_2d'$ doprowadza do punktu d', który z punktem F połączony daje na az szukany punkt d (§. 68). Proste dz_{90} i bz uzupełniają rysunek kwadratu.

W planie geometrycznym widać w tym kwadracie drugi *fghe*. Wierzchołek jego f wyznacza się w perspektywie, jeżeli

*) Pomija się okoliczność, że punkt b_2 leży poza granicami obrazu.

stosownie do metody, którą w tym względzie w perspektywie prostéj zalecono, znajdziemy na linii ad punkt f_1 a na ab punkt f_2. Proste z f_1 równolegle do ab, z f_2 zaś do ad wykreślone przecinają się w punkcie f. Odcinamy przeto na PP długość $a_2f_2=2\times af_2$ jakoteż $a_1f_1=2\times af_1$ (ze szkicu) i kreślimy proste f_2T_{90} i f_1T, które na ab i ad punkty f_2 i f_1 wyznaczają. Proste z nich do z i z_{90} są już bokami drugiego kwadratu i przetną się w jego wierzchołku f. Dla wyznaczenia wierzchołka g łatwo zrozumieć, że trzeba długość a_2f_2 odciąć na PP w b_2g_2 i linią g_2T_{90} wykreślić. Z uzyskanego tak na ab punktu g_2 dąży linia do z, która na prostéj fz_{90} wyznaczy żądany punkt. Dla wierzchołka e drugiego kwadratu musimy z braku miejsca posłużyć się znowu punktem F. Rysujemy w tym razie linią Ff_1 do f' na ad', przenosimy długość af' do $d'e'$ i kreślimy $e'F$. Prosta ta przecina ad w puncie e_1, a linia stąd do z_{90} wyznacza na fz punkt e.

Wierzchołki k, v, l, m ośmioboku powstaną na bokach właśnie otrzymanego kwadratu $efgh$ przez odcięcie na PP długości $a_2l_2=2\times al_2$ (ze szkicu) i wykreślenie linii l_2T_{90}. Z uzyskanego tak na ab punktu l_2 rysuje się linią l_2z i dochodzi do punktów l i m na fg i eh. Inne wierzchołki ośmioboku można otrzymać albo bezpośrednio tak, jak wierzchołki kwadratu, albo też użyć z korzyścią przekątnych kwadratu; linia lm przetnie je bowiem (ob. szkic) w punktach 1, 2. Wykreślone z nich równolegle do ab wyznaczą na przekątnych punkty 3 i 4. Łatwo teraz dostrzéc, że na liniach przez $1, 2, 3, 4$ do ab i ad równolegle wykreślonych leżą wszystkie wierzchołki ośmioboku.

Znaczymy przeto w perspektywie punkty 1 i 2, w których się przekątne kwadratu z prostą lmz przetną. Dążące z tych punktów do z_{90} linie dadzą na przekątnych punkty 3, 4 a na krawędziach gh, if wierzchołki v, k, i ośmioboku; prosta $34z$ wyznaczy na bokach fg i eh ostatnią parę tych wierzchołków. Mniejszego ośmioboku wierzchołki p, o, n, q.., powstaną tak jak pierwszego przez wykreślenie np. p wprost za pomocą punktów p_2 i p_1 na PP. Z punktu p dochodzi się za pośrednictwem przekątnych jak poprzód do reszty wierzchołków; odpowiadające sobie w obu ośmiobokach mieszczą się oczywiście na ich przekątnych, jak *invv*, *kow*, *rum*... Figurę o formie krzyża wrysowuje się wreszcie w mniejszy ośmiobok, łącząc punkty jak n i u, p i w... przyczem się spostrzega, że linie jak pw, jako równoległe do przekątnéj ac dążą do z_{45}, podczas gdy takie jak nu są równoległe do przekątnéj bd i zmierzają do drugiego punktu z^1_{45} na horyzoncie.

Po wykreśleniu planu pozostaje tylko poodcinać nad poszczególnymi jego punktami odpowiadające, ze szkicu wzięte wysokości. Postępowanie jest tu takie, jak w §. 111 fig. 123 i dalszych. Przymuje się mianowicie na boku figurę pomo-

cniczą, rysując z dowolnego punktu F horyzontu prostą FP i linią pionową PW. Dla odcięcia nad wierzchołkiem a wysokości płyty dolnéj, rysuje się poziomą aa_3 aż do PF, przenosi na PW wymiar $Pa' = 2 \times aa$ (ze szkicu) i kreśli $a'F$ aż do przecięcia się z pionową punktu a_3 w punkcie a. Odcinek a_3a jest persp. wysokością płyty w zagłębieniu a, potrzeba go tylko cyrklem do aa w figurę główną przenieść lub, co na tosamo wychodzi, z punktu a figury bocznéj wykreślić linią poziomą aż do przecięcia się z pionową aa figury głównéj. Z otrzymanego wierzchołka a wychodzą linie proste az i az_{90}, które na pionowych, wzniesionych w punktach b i d planu, odetną dalsze wierzchołki płyty dolnéj. W tensam sposób doszło się na rysunku do wszystkich innych wierzchołków przedmiotu. Dla otrzymania np. punktu l wykreślono w planie poziomą ll_3, odcięto na PW wymiar $Pl' = 2 \times l'''l$, wyrysowano $l'F$ i przeniesiono odcinek l_3l do ll na rysunku.

W celu dokładnego otrzymania ściętego ostrosłupa o krawędziach in, ko, lp, ru, vv, dobrze będzie wyznaczyć najprzód jego wierzchołek s'' a następnie połączyć go z punktami i, k, l, r, v, liniami prostymi. W przecięciu się ich z pionowymi, które z punktów n, o, p, u, v planu wychodzą, leżą wierzchołki n, o, p, u, v górnéj płaszczyzny ściętéj piramidy. Jest ona zarazem podstawą krzyżowo wyciętego słupa. Dla otrzymania górnych jego krawędzi, jak np. $o''p''$ lub $n''u''$, które się pionowo ponad op i nu znajdują i zmierzają do punktu z^{I}_{45}, którego już na rysunku nie ma, trzeba wyszukać punktu p'' przez odcięcie na PW wysokości $Pp' = 2 \times p'''p''$ (ze szkicu), wykreślenie linii $p'F$ i przeniesienie długości p_3p na rysunek do pp''. Po wyszukaniu w takisam sposób punktu o'' kreślimy linią $o''p''$. Krawędź ta ma teraz już należyty kierunek, t. j. dąży do z^{I}_{45}. Podobnie uwidoczniono sposób powstania punktu n'', a po powtórzeniu konstrukcyi dla u'' znajdzie się krawędź $n''u''$ także w należytém położeniu.

§. 192. Rysunku dokonano za pośrednictwem perspektywicznego planu pomocniczego, który poniżéj figury głównéj (fig. 200) umieszczono. Potrzebę i donioślość takiego planu uzasadniono w §. 112.

Wykr. Jeżeli punkt a w rysunku właściwym przyjęto jak w figurze poprzedniéj, to wypadnie punkt a_2 pomocniczego planu z wykreślenia za do x na PP i pionowéj xx_2 aż do $P'P'$. Prosta x_2z leży teraz pionowo pod xaz, a punkt a_2 planu pomocniczego pionowo pod punktem a, na linii x_2z.

Za pośrednictwem linii $P'P'$, jako linii podstawowéj i wyznaczonych na horyzoncie punktów z, z_{90}, T, T_{90} szuka się pomocniczego planu zupełnie jak w fig. 199. Aby np. na obu prostych a_2z i a_2z_{90} otrzymać perspektywy boków kwadratu, kreśli się z T_{90} prostą $T_{90}a_2a_1$, odcina na $P'P'$ wymiar $a_1d_1 = 2 \times ad$

i rysuje $d_1 T_{90}$, która na $a_2 z_{90}$ wyznacza wierzchołek d kwadratu. Podobnie doszło się do punktu b z zastosowaniem jednak sposobu użytego już w figurze poprzedniéj do punktu d, po wykreśleniu więc linii $Ta_2 a_2$ odcięto na $P'P'$ dla braku miejsca tylko $a_2 b^2/_2 = ab$ (ze szkicu), a otrzymany na $a_2 z$ odcinek $a_2 b/_2$ perspektywicznie za pomocą punktu F podwojono. Po wykreśleniu kwadratu $a_2 bcd$ i jego przekątnych uzupełniono przy pomocy tychże plan perspektywiczny. Odcięto np. tylko punkt f_2 na ab i otrzymano na linii $f_2 z_{90}$ wierzchołki f i e, a na liniach fz i ez wierzchołki g i h kwadratu mniejszego.

Uproszczenie, które przekątne nastręczają, posłużyło tu tedy do szybszego uzyskania perspektywicznego planu. Nad nim odcina się poszczególne wysokości, postępując przytem w myśl §. 112. Po uwidocznieniu przedewszystkiém dolnych krawędzi płyty, które z obranego już punktu a wychodząc, do z i z_{90} dążą i w punktach b i d pionowo nad punktami b i d planu pomocniczego się kończą, przyjęto linią $P'F$ i wyrysowano pionową $P'W$ jakoteż z punktu P właściwéj linii podstawowéj prostą PF. Aby teraz otrzymać np. wierzchołek k rysunku, prowadzi się na pomocniczym planie poziomą kk_3 a z punktu k_3 pionową w górę, odcina następnie od punktu P na PW wymiar $Pk' = 2 \times k'''k$ (szkicu) i rysuje prostą $k'F$. Przetnie ona pionową punktu k_3 w k. Punkt ten przenosimy linią poziomą ponad punkt k planu albo też odcinamy długość $k_3 k$ figury bocznéj cyrklem na wzniesionéj w punkcie k planu pionowéj. Tym sposobem dochodzi się i do reszty wierzchołków.

XXI.

Sprawy teoretyczne z uwzględnieniem części odstępu oka.

§. 193. P u n k t y z b i e g u z i z_{90} w o b r ę b i e r a m o b r a z u n i e m i e s z c z ą s i ę. Z a s t ą p i e n i e i c h c z ę ś c i o w y m i p u n k t a m i z b i e g u. Figury 197—200 nie sprawiają przyjemnego wrażenia. Dałoby się o nich tosamo powiedzieć, co o fig. 89 ze względu na zbyt mały odstęp oka. Co do należytego wymiaru onegoż zawiera §. 85 wyczerpujące, bo ogólnéj wagi wyjaśnienia bez względu na to, czy przedmiot przedstawiono w perspektywie prostéj, czy też skośnéj.

Pomimo małego odstępu oka w fig. 197—200 wypadają punkty zbiegu z i z_{90} j u ż p o z a ramami obrazu, a że konieczne zwiększanie tego odstępu prowadzi za sobą coraz to znaczniejsze oddalanie się tych punktów od punktu A, to widoczna, że potrzeba środków, któreby konstrukcyą i wtedy umożebniły, gdy punktów zbiegu na obrazie nie ma. W praktyce malarskiéj ostatni ten wypadek z a w s z e zachodzi. Zdarzyć się wprawdzie może, że jeden z punktów zbiegu wypadnie jeszcze w obrębie ram obrazu, wtedy drugi jest témbardziéj oddalony; obydwu

zaś jednocześnie na obrazie n i e m a n i g d y. Figura 201 podaje wyżéj wspomniane środki.

Przyjęto (fig. 201) odstęp oka *AO* i wyznaczono punkty zbiegu z i z_{90} jakoteż puntky dzielenia T i T_{90}. Z punktu n pł. podstawowéj dążą proste do z i z_{90}. Punkty te leżą wprawdzie poza granicami obramowanéj płaszczyzny rysunkowéj, mimo to jednak bezpośrednio wykreślono dążące do nich proste dla teoretycznego rozwiązania postawionéj sprawy.

Jeżeli odstęp oka *AO* podzielimy w punkcie znakowanym symbolem $O/_2$ (porównaj $D/_2$ w §. 88) na dwie równe części i wyrysujemy z niego linią geometrycznie równoległą do Oz, to łatwo dostrzéc, że przetnie ona horyzont w punkcie $z/_2$, który (dla podobieństwa trójkątów $AO/_2z/_2$ i AOz) musi połowić długość Az. Podobnie i linia, przez $O/_2$ równolegle do Oz_{90} wykreślona, odetnie na horyzoncie punkt $z/_{290}$, który połowi długość Az_{90}. Otrzymujemy stąd trójkąt $z/_2O/_2z/_{290}$, podobny do zOz_{90}, a więc o kącie prostym przy $O/_2$, a bokach o połowę od boków trójkąta pierwotnego mniejszych. Połączywszy następnie punkty A i n, dzielimy wymiar An na tyle części, na ile przedtem podzielono AO, t. j. w tym razie na dwie. Z otrzymanego tak punktu $n/_2$ prowadzimy proste, geometrycznie równoległe do $n\,z$ i $n\,z_{90}$, które, jak łatwo zrozumieć, przejdą przez wyznaczone już na horyzoncie punkty $z/_2$ i $z/_{290}$.

Gdyby zatem, jak tego malarstwo w praktyce wymaga, chodziło o to, a ż e b y p r z e z p u n k t n w y k r e ś l i ć d r u g i e r a m i ę ny k ą t a p r o s t e g o, j e ż e l i j e d n o r a m i ę nx (nz_{90}) t e g o ż j e s t d a n e, a z o d s t ę p u o k a n i e c a ł y l e c z t y l k o p o ł o w a j e g o n a o b r a z i e s i ę m i e ś c i, to podzieliwszy na podstawie rezultatu poprzednich konstrukcyj odstęp An na dwie równe części, rysujemy z otrzymanego punktu $n/_2$ linią geometrycznie równoległą do nx. Przetnie ona horyzont w punkcie $z/_{290}$. Do linii łączącéj punkt ten z punktem $O/_2$ wystawia się w $O/_2$ prostopadłą, znaczy punkt $z/_2$ przecięcia się jéj z horyzontem i kreśli linią $n/_2$ $z/_2$. Prosta, którą przez n do $n/_2z/_2$ geometrycznie równolegle nakreślimy, jest już żądaném drugiém ramieniem kąta prostego.

Mając teraz w punkcie q na pł. podstawowéj narysować perspektywiczny kąt prosty, którego ramiona dążyłyby do tychsamych punktów zbiegu z i z_{90}, kreślimy qA, znaczymy $q/_2$ i rysujemy $q/_2z/_2$ i $q/_2$ $z/_{290}$. Wykreślone do tych prostych przez punkt q geometrycznie równoległe są już ramionami szukanego kąta.

Jeżeliby przy danéj linii nx należało, jak poprzód, w punkcie n wykreślić od nx p e r s p e k t y w i c z n i e p r o s t o p a d ł ą, a na obrazie mieścił się tylko punkt $O/_3$, t. j. trzecia część odstępu oka AO, to kreśli się An, dzieli długość tę w punkcie $n/_3$ na trzy równe części i rysuje przez ten punkt geometrycznie

rownoległą do nx. Przetnie ona horyzont w punkcie $z/_{3^{90}}$, który odstęp Az_{90} oczywiście na trzy równe części dzieli. Do linii łączącéj punkt ten z punktem $O/_3$ wystawia się w $O/_3$ prostopadłą, która na horyzoncie wyznaczy punkt $z/_3$. Wykreślona przez punkt n do prostéj $z/_3 n/_3$ geometrycznie równoległa jest żądaną w perspektywie prostą. Tosamo powtórzono w punkcie q. Nieinaczéj postępuje się w razie, gdy dążące do z i z_{90} linie wychodzić mają z punktu l nad horyzontem. Są nimi proste lz i lz_{90} geometrycznie równoległe do $l/_3 z/_3$ i $l/_3 z/_{3^{90}}$, przyczem $Al/_3 = {}^1/_3 \times Al$.

Punkty jak $z/_2$, $z/_{2^{90}}$, $z/_3$, $z/_{3^{90}}$ zowiemy częściowymi punktami zbiegu.

§. 194. Pośrednie wyznaczenie punktów dzielenia za pomocą częściowych punktów dzielenia. Gdyby na kierunkach nx i ny (fig. 201), uzyskanych za pomocą częściowych punktów zbiegu, należało odciąć dane długości, to potrzeba do tego, jak wiadomo, punktów dzielenia T i T_{90}. Jeżeli jednak ani punkty z i z_{90} ani punkt O na obrazie nie mieszczą się, to i do punktów T wprost dojść nie można. Otrzymujemy je pośrednio sposobem następującym: Długość $z/_2 O/_2$ przenosi się cyrklem na horyzont do $z/_2 T/_2$, co przez zatoczenie łuku $O/_2 T/_2$ uwidoczniono. Ponieważ $z/_2 O/_2$ jest połową długości zO, to i $z/_2 T/_2$ jest połową długości zT, z czego wypada, że i odstęp $AT/_2$ równa się połowie odstępu AT. Widać z tego, że otrzymany punkt $T/_2$ leży w połowie między A i T. Sam punkt dzielenia T uzyskuje się zatem, jeżeli długość $AT/_2$ poza punktem $T/_2$ jeszcze raz na horyzoncie cyrklem odetniemy. Podobnie dochodzi się przez wykreślenie łuku $O/_2\ T/_{2^{90}}$ ze środka $z/_{2^{90}}$ do punktu $T/_{2^{90}}$, a przez powtórne odcięcie długości $AT/_{2^{90}}$ poza punktem $T/_{2^{90}}$ do drugiego punktu dzielenia T_{90} na horyzoncie.

Jeżeli brak miejsca zmusza do użycia punktu $O/_3$ zamiast punktu $O/_2$, postępuje się taksamo. Zataczamy bowiem ze środków $z/_3$ i $z/_{3^{90}}$ łuki $O/_3 T/_3$ i $O/_3 T/_{3^{90}}$ i znachodzimy tak na horyzoncie punkty $T/_3$ i $T/_{3^{90}}$, a te, co przecież łatwo zrozumieć, dzielą odstępy między A i T, względnie A i T_{90}, na trzy równe części. Odcinając przeto długość $AT/_3$ cyrklem jeszcze dwa razy poza punktem $T/_3$, dochodzimy również do punktu dzielenia T; taksamo do T_{90} z punktu $T/_{3^{90}}$. Punkty $T/_2$, $T/_3$..., $T/_{2^{90}}$, $T/_{3^{90}}$... noszą miano częściowych punktów dzielenia.

Gdyby tedy na linii nx od punktu n miano odciąć perspektywicznie daną długość np. $N_1 M_1$, a na obrazie mieściła się tylko trzecia część odstępu oka, t. j. punkt $O/_3$, to po wyszukaniu przytoczonym sposobem punktu T_{90} rysuje się $T_{90} n$ do N_1 na PP, odcina tam $N_1 M_1$ i kreśli $M_1 T_{90}$. Prosta ta

odetnie na nx żądaną perspektywiczną długość nm_1. W razie gdyby długość tęsamę na ny odciąć należało, szukamy najprzód punktu T, kreślimy Tn do N na PP, a po odcięciu $NM=N_1M_1$ prostą MT. Wyznaczy ona na ny żądany punkt m. Podobnie przedstawiono na qz długość QR (perspektywiczne qr) za pomocą punktu T. Co do punktów tych T i T_{90} widać, że wypadają w niezbyt wielkiéj od punktu A odległości i dlatego mieszczą się bardzo często na rysunku; odcięcie pewnych perspektywicznych wymiarów nie przedstawia wtedy żadnych, jak się okazało, trudności.

Uwaga. W rysunku spostrzega się, że proste qn, $q/_2n/_2$, $q/_3n/_3$ są do siebie geometrycznie równoległe. Okoliczność ta wynika z podobieństwa występujących tam trójkątów.

§. 195. Ćwiczenia w zastosowywaniu poznanych zasad. W figurze 202 przyjęto na pł. podstawowéj punkt b i wyrysowano dowolnie prostą bx.

Zag. 7. W punkcie b wyrysować prostopadłą do bx. Odstęp oka wynosi około $13\frac{1}{2}$ *cm**); na obrazie mieści się $AO/_3$.

Wykr. Na podstawie poprzedzającego §fu kreślimy bA, znaczymy $b/_3$ i rysujemy przezeń geómetrycznie równoległą do bx aż do $z/_3$ na horyzoncie. Po wykreśleniu prostéj $O/_3z/_3$ wystawia się do niéj w $O/_3$ prostopadłą, która na horyzoncie odcina punkt $z/_{390}$, i rysuje linią $z/_{390}b/_3$. Równoległa do niéj prosta by jest do bx perspekt. prostopadła.

8. Długość BC odciąć perspektywicznie na linii bx, ile razy się zmieści.

Wykr. Linia bx dąży do punktu z. Potrzeba przeto punktu dzielenia T. Znachodzimy go według §fu poprzedniego za pomocą punktu $T/_3$. Prosta Tb odznaczy na PP punkt B; z niego wychodząc, odcięto na PP długość BC trzy razy i otrzymano następnie na bx punkty c, d, e. Na pozioméj eS uzyskano teraz za pomocą punktu Q (na horyzoncie), do którego dążą proste De i Ef_1, odcinek ef_1 i przeniesiono go do f_1g_1. Punkty f_1 i g_1 w połączeniu z punktem T dadzą na bx dalsze dwa punkty podziałki, t. j. f i g. W celu jéj rozwinięcia byłoby jednak najlepiéj wykreślić w zagłębieniu x linią poziomą, a na niéj za pomocą dowolnego punktu horyzontu (tu $z/_3$) wyznaczyć punkty b' i c'. Leżą one na liniach idących z $z/_3$ do punktów b i c, które najpierw na bx otrzymano. Odcinek $b'c'$ przenosi się teraz cyrklem na $b'x$, ile razy się zmieści, z czego wynikną punkty $b', c', d ... i', j'$. Proste łączące je z $z/_3$ wyznaczą na bx żądane perspektywiczne odcinki (§. 65 i dalsze).

---

*) Wprawdzie nie jest to jeszcze, w myśl §. 85, dostateczny odstęp, lecz kierowano się tu dążnością zmieszczenia obu punktów T na obrazie, gdyż inaczéj trudności mnożyłyby się, a stopniowe rozwijanie przedmiotu byłoby niemożebne.

9. Przyjąwszy b jako wierzchołek, należy kwadrat narysować, jeżeli długość boku jego wynosi $2 \times BC$.

Wykr. Do tego potrzeba jeszcze na prostą by przenieść długość $2 \times BC$. Po wyznaczeniu punktu $T/_{3 90}$ a z niego T_{90} odcinamy z braku miejsca wprzód połowę boku kwadratu, a to przez przeniesienie długości bc_1 cyrklem do bc_2 i wykreślenie prostéj $c_2 T_{90}$. Długość bn jest połową boku kwadratu. Kreśląc teraz poziomą nn_1, nadajemy jéj wymiar $n_2 n_3$, który tęsamę głębokość zajmuje.*) Linia $n_1 T_{90}$ odetnie na by punkt k jako wierzchołek kwadratu. Dla jego uzupełnienia należy jeszcze z punktu k narysować linią do z, a z d do z_{90}. W tym celu trzebaby prostą kA podzielić na trzy równe części. Wypadającego stąd punktu $k/_3$ nie potrzeba tu jednak tak, jak poprzód punktu $b/_3$ osobno szukać, gdyż leży on jak łatwo pojąć, w przecięciu się linii kA z prostą $b/_3 z/_{3 90}$. Rysujemy zatem przez punkt k linią geom. równoległą do prostéj $k/_3 z/_3$. Kreśląc podobnie dA, znachodzimy w jéj przecięciu się z prostą $b/_3 z/_3$ punkt $d/_3$. Geometrycznie do $d/_3 z/_{3 90}$ równoległa, przez punkt d poprowadzona prosta stanowi czwarty bok kwadratu i wyznaczy na prostéj kz ostatni tegoż wierzchołek l.

10. Objaśnić postępowanie przy wykreśleniu kwadratu $bmre$, którego bok wynosi $3 \times BC$. Konstrukcyą w figurze podano.

11. Narysowana w otrzymanych kwadratach przekątna blr przetnie horyzont, jak wiadomo, w punkcie z_{45}. Jak dojść wprost do tego punktu?

Wykr. W razie przepołowienia kąta prostego przy $O/_3$ uzyskujemy na horyzoncie punkt, który konsekwentnie znakować należy symbolem $z/_{3 45}$. Punkt ten dzieli odstęp między A a z_{45} na t r z y równe części, podobnie jak i punkty $z/_3$, $T/_3$... odległości Az, At... Jeżeli zatem długość $Az/_{3 45}$ jeszcze d w a razy poza $z/_{3 45}$ na horyzoncie cyrklem odetniemy, dojdziemy do z_{45}, do którego dąży przekątna blr kwadratu. Rozumie się, że do punktu $z/_{3 45}$ zmierza przekątna $b/_3 l/_3 r/_3$ małego kwadratu $m/_3 b/_3 e/_3 r/_3$ i że do niéj przekątna blr jest geometrycznie równoległą.

12. Dane są na pł. podstawowéj (fig. 203) kierunki cx i bv boków równych między sobą kwadratów; długość boków tych jest CD. [Należy je wykreślić].

Wykr. Rysujemy nasamprzód kwadrat przy prostéj cx, t. j $cdef$ zupełnie jak w fig. poprzedniéj, używając do tego otrzymanych znanym już sposobem punktów $z/_3$, $z/_{3 90}$, T, T_{90}. Przekątna jego zmierza do z_{45} uzyskanego za pomocą $z/_{3 45}$. Przy rysunku drugiego kwadratu $bghi$ znaczymy na linii bA punkt $b/_3$ i rysujemy przezeń geometrycznie równoległą do bv, która przecina horyzont w punkcie $z^1/_3$. Nie jestto żaden z otrzymanych poprzednio na hnryzoncie punktów zbiegu, przeto bok bv nie jest równo-

*) Tak nn_1 jak $n_2 n_3$ jak i bc_2 równają się bokowi BC.

ległym do żadnego z boków kwadratu *cdef*. Potrzeba więc do boku tego osobno prostopadłą wykreślić, co sposobem znanym się uskutecznia. Łączy się bowiem punkt $z^{I}/_{3}$ z tymsamym punktem $O/_{3}$*) i kreśli kąt prosty $z^{I}/_{3}O/_{3}z^{I}/_{3\,90}$. Do linii $b/_{3}z^{I}/_{3\,90}$ rysujemy następnie przez punkt *b* szukaną prostą *bw* geometrycznie równolegle.

Na obu bokach *bw* i *bv* mamy obecnie odciąć długość *CD*. Szukamy w tym celu wprzód sposobem znanym punktów $T^{I}/_{3}$ i $T^{I}/_{3\,90}$ a z nich punktów dzielenia T^{I} i T^{I}_{90}. Następnie odcinamy na poziomej, idącej przez *b*, długość $bg_1 = g_2g_3$ (dla czego?) i rysujemy linią $g_1T^{I}_{90}$, która na *bw* odetnie wierzchołek *g* kwadratu. Po lewéj stronie punktu *b* wyznacza się dla braku miejsca połowę bg_1, t. j. $bg^{1}/_{2} = bp$ i rysuje pT^{I}. Powstałą długość $bh/_{2}$ przenosimy perspektywicznie do *h* za pomocą dowolnego punktu (tu *T*) na horyzoncie. Dla uzupełnienia kwadratu *bghi* należy jeszcze przez wierzchołki *g* i *h* wykreślić linie do *bh* i *bg* perspektywicznie równoległe. Dochodzi się do nich jak w fig. 202, a mianowicie jest *hi* geom. równoległe do prostéj $h/_{3}z^{I}/_{3\,90}$ tak jak *gi* do prostéj $g/_{3}z^{I}/_{3}$.

Przekątna *bi* dąży do punktu z^{I}_{45}; wynajdujemy go połowiąc kąt prosty $z^{I}/_{3}O/_{3}z^{I}/_{3\,90}$ i odcinając odstęp punktu $z^{I}/_{3\,45}$ od *A* dwa razy jeszcze cyrklem poza $z^{I}/_{3\,45}$ aż do z^{I}_{45}. Przekątne biz^{I}_{45} i $b/_{3}i/_{3}z^{I}/_{45}$ są między sobą geom. równoległe.

Uwaga. Z figur 202 i 203 widać, że przy stosowaniu części odstępu oka jakoteż częściowych punktów zbiegu otrzymujemy figury właściwe, jak *bdlk* w fig. 202 lub *bghi* i *cdef* w fig. 203 za pośrednictwem figur pomocniczych $b/_{3}d/_{3}l/_{3}k/_{3}$, $b/_{3}g/_{3}h/_{3}i/_{3}$ i $c/_{3}d/_{3}e/_{3}f/_{3}$, które do figur żądanych geometrycznie są podobne.

§. 196. Czy i pod jakimi warunkami zamknięty w fig. 204 między liniami *bx* i *by* kąt może być perspektywicznie prosty, jeżeli punkt *A* jest znany. W sprawie téj powiada §. 36, że każdy na tle narysowany kąt przyjąć można za perspektywę kąta prostego, jeżeli się tylko należycie wyznaczy odstęp oka. Wedle zawartych tam co do sposobu wykreślania wskazówek wyznaczymy na linii *Ab* punkt będący od *A* o jakąś część całéj długości *Ab* oddalony, a mianowicie o taką, aby obie przezeń do *bx* i *by* geometrycznie równolegle wykreślone proste przecięły horyzont w obrębie obrazu. Spostrzega się, że warunkowi temu zadość czyni punkt $b/_{6}$. Po wykreśleniu z niego owych do *bx* i *by* geom. równoległych uzyskuje się na horyzoncie częściowe punkty zbiegu $z/_{6}$ i $z/_{6\,90}$. Przyjmując teraz w myśl §. 36 długość $z/_{6}z/_{6\,90}$ za średnicę koła, rysuje się ta-

*) gdyż na tymsamym obrazie tylko jeden punkt i odstęp oka się znajduje, do którego się wszystkie na rysunku występujące figury i linie stosować muszą.

kowe i spuszcza z punktu A pionową aż do przecięcia się z niém w punkcie, który w fig. 44 §. 36 znakowano literą O a który tu otrzymać musi znak $O/_6$. Długość $AO/_6$ jest szóstą częścią wynikającego z konstrukcyi odstępu oka. Można przeto dany kąt xby uważać za perspektywę kąta prostego, ale tylko dla odstępu oka równającego się sześciokrotnéj długości $AO/_6$.

Znaleziony ten odstęp oka obowiązuje już przy wszystkich konstrukcyach na obrazie. Rozchodzi się obecnie jeszcze o to, czy wobec rozmiarów obrazu jest on dostatecznie wielki. Spostrzegamy, że $AO = 6 \times AO/_6$ wynosi około 20 *cm*, co przy obrazie o nakreślonych wymiarach wystarcza.

Gdyby się jednak okazało, że uzyskany sposobem powyższym rozmiar odstępu oka jest mniejszy niż tego §. 85 wymaga, to znaczyłoby to, że przyjęty kąt xby można wprawdzie uważać za kąt perspektywicznie prosty, ale że odstęp oka wypada tak mały, iż wykreślony na jego podstawie obraz nie czyni zadość warunkom artystycznym. W tym wypadku nie można kąta tak jak go przyjęto zostawić, ale trzeba go cokolwiek zmienić, choćby tylko zmniejszając nachylenie jednego ramienia; tu może ramienia bx względem horyzontu. Takie zmniejszenie pociągnęłoby oczywiście za sobą zmniejszenie nachylenia linii $b/_6 z/_{6^{90}}$ i, co za tém idzie, większe oddalenie się punktu $z/_{6^{90}}$ od środka obrazu. W ten sposób powiększa się średnica $z/_6 z/_{6^{90}}$ koła, a więc i długość téj szóstéj części odstępu oka. Trzeba to próbować tak długo, aż odstęp oka otrzyma pożądany wymiar.

Jeżeli po uzyskaniu już punktu $O/_6$ i przekonaniu się o dostatecznéj wielkości odstępu oka wypada drugi jeszcze kąt prosty wyznaczyć ale w inném na pł. podstawowéj położeniu, to już obu ramion jego przyjąć dowolnie nie można, lecz tylko jedno. Szukając, po przyjęciu np. cv, ramienia drugiego, kreśli się jak w §. poprzednim linią cA, wyznacza na niéj punkt $c/_6$ i rysuje przezeń linią $c/_6 z^I_6$ równolegle do cv. Na prostéj łączącéj punkty z^I_6 i $O/_6$ wystawiamy w tymże ostatnim prostopadłą i uzyskujemy tak punkt $z^I/_{6^{90}}$ na horyzoncie. Do linii $z^I/_{6^{90}} c/_6$ narysowana przez c geometrycznie równoległa cw jest drugiém ramieniem szukanego przy c kąta prostego.

Widać stąd, że wolno biegłemu w perspektywie skośnéj rysownikowi przyjąć na obrazie kierunki ramion jednego kąta prostego wedle upodobania (byleby odstęp oka nie był zamały). Umożebnia mu to jak najdogodniejsze ugrupowanie przedmiotów architektonicznych, które stanowią tło jego kompozycyi, ułatwia konieczne zmiany i dozwala nadawać wybitniejszym partyom takie położenie w rysunku, któreby mu jak najkorzystniejszy efekt zapewniało. Do otrzymanego jednak raz odstępu oka muszą się dla perspektywicznéj jedności (§. 177)

wszystkie inne kierunki stosować. Widać wreszcie i to, że tylko perspektywa skośna może prawdziwego artystę zadowolić, gdyż w perspektywie prostéj nic nie ma dowolnego; tam ramiona kątów prostych mają kierunki stałe.

§. 197. Wyznaczenie na liniach poziomych odcinków perspektywicznych i z pominięciem punktów T i T_{90}. Zachodzi często potrzeba odcięcia pewnéj długości na jakiéjś linii, dążącéj do niedostępnego punktu zbiegu *z*. Sposób dotychczasowy, polegający na wyszukaniu przedewszystkiém należącego do téj prostéj punktu dzielenia, z korzyścią w takim razie o tyle nie daje się zastosować, że prowadząca do tego a żmudna konstrukcya pomocnicza dla jednéj tylko prostéj wydałaby się mniéj odpowiednią. Posługujemy się więc sposobem innym, uwidocznionym również w fig. 204.

Aby mianowicie do wyznaczonego na ramieniu *by* za pomocą punktu T odcinku (równającego się wymiarowi BF) dojść inną tą drogą, obiera się na linii *by* dowolny punkt *h* i kreśli przezeń linią *Ah* aż do przecięcia się w punkcie *k* z poziomą punktu *b*. Trójkąt *bkh* jest trójkątem perspektywicznie prostokątnym o kącie prostym przy *k*. Przyprostokątna *bk* posiada zagłębienie punktu *b*, druga przyprostokątna *hk* zaś kierunek głębokości. Wymiar *hk* znajdziemy w prawdziwéj wielkości przez połączenie punktu *h* z punktem $D/_6$ $(AD/_6 = AO/_6)$. Powstały tak na *bk* odcinek kh_1 jest szóstą częścią szukanego wymiaru, zmierzoną w zagłębieniu punktu *k*. Przyprostokątna *hk* przedstawia się zatem jako prostopadła do *bk* prosta *Hk* o długości $6 \times kh_1$. Trójkąt geometrycznie prostokątny *bkH* jest więc prawdziwą wielkością trójkąta *bkh*, przedstawioną w zagłębieniu *bk*, a przeciwprostokątna *bH* prawdziwym wymiarem perspektywicznego odcinku *bh* w témże zagłębieniu.

Chcąc przeto otrzymać na linii *by* punkt *f* oddalony od *b* o istotną długość *BF*, potrzeba tak tylko postąpić, jak gdyby się miało z punktu *H* na *bH* dojść do punktu *h* na *by*. Szuka się w tym celu najpierw długości *BF* w zagłębieniu punktu *b*; jest nią wymiar bF_1, który się na *bH* cyrklem w *bL* odcina. Spuszczona z *L* pionowa wyznacza na *bk* punkt *m*, a prosta *Am* na *by* szukany punkt *f*. W podobny sposób uzyskano na *cw* punkt *g* tak, że *cg* równa się perspektywicznie poprzedniéj długości *BF*. Obrano mianowicie na *cw* dowolnie punkt *w*, wykreślono *Aw* do *n* na pozioméj punktu *c* i poprowadzono linią $D/_6 w$ do w_1. Następnie odcięto $nW = 6 \times nw_1$ i wykreślono prostą *Wc*. Po zmniejszeniu długości $GC = BF$ za pomocą punktu *A* stosownie do zagłębienia *c* otrzymano tu odcinek *st*, który przeniesiono do *cP*. Pionowa *Pr*, następnie linia *rA* wyznaczają na *aw* szukany punkt *g*.

Sposób ten, jakkolwiek trudności nie nastręczający, jest

jednak dość żmudny i dla tego stanowczo tylko wtedy zalecić go można, jeżeli się rozchodzi o proste pojedynczo występujące, dla których samo szukanie częściowych punktów zbiegu i dzielenia więcéjby wymagało czasu, niż cała powyższa konstrukcya. Jeżeli jednak więcéj linij dąży do tegosamego punktu zbiegu, a więc i wspólny wypadnie dla nich punkt dzielenia, to sposobu tego się nie używa.

§. 198. Wyznaczanie perspektywicznych odcinków za pomocą częściowych punktów dzielenia. Potrzeba tego wynika stąd, że punkty dzielenia, którymi się w §§. poprzednich posługiwano, nierzadko albo obydwa albo jeden z nich poza ramami obrazu wypadają, a sposób §. 197 dozwalający na odcinanie perspektywicznych wymiarów bez odwoływania się do punktów T i T_{90} tylko w wyjątkowych razach jest dogodny.

Jeżeli w fig. 205 AO jest odstępem oka, a ramiona wykreślonego przy O kąta prostego przecinają horyzont obrazu w punktach z i z_{90}, to uzyskujemy punkty dzielenia T i T_{90} jak wiadomo albo wprost albo też pośrednio za pomocą punktów $T/_3$ i $T/_{3^{90}}$ (§. 194) przyczem $AT = 3 \times AT/_3$ i $AT_{90} = 3 \times AT/_{3^{90}}$.

Niechże teraz będzie punkt n na pł. podstawowéj wierzchołkiem kąta prostego, na którego ramionach nz i nz_{90} mamy odciąć dane długości, na pierwszém N_1Q, na drugiém NM, to po wyszukaniu tych wielkości w zagłębieniu punktu n, gdzie się jako nq_1 i nm_1 przedstawiają, łączymy w razie dostępności punktów T i T_{90} punkt q_1 z punktem T a punkt m_1 z T_{90} liniami prostymi. Odcinają one na ramionach nz i nz_{90} odpowiednie perspektywiczne odcinki nq i nm.

W wypadkach, gdzie w obrębie rysunku punktów T i T_{90} nie ma, lecz tylko częściowe punkty dzielenia $T/_3$ i $T/_{3^{90}}$, kreślimy linią nA i znaczymy na niéj punkt $n/_3$. Proste $n/_3 z/_3$ i $n/_3 z/_{3^{90}}$ są do perspektywicznych ramion nz i nz_{90} geom. równoległe. Jeżeli daléj poziomą przez $n/_3$ poprowadzoną przetniemy liniami Aq_1 i Am_1, to uzyskamy na niéj punkty $q^1/_3$, $m^1/_3$. Łatwo pojąć, że odcinki $n/_3 q^1/_3$ i $n/_3 m^1/_3$ są trzecimi częściami długości nq_1 i nm_1. Jeżeli teraz wyrysujemy proste $q^1/_3 T/_3$ i $m^1/_3 T/_{3^{90}}$, zachodzi pytanie, co o kierunku ich powiedzieć można?

Odpowiedź łatwa. Z porównania bowiem trójkątów $Aq^1/_3 T/_3$ i $Aq_1 T$, które, jak nietrudno dostrzéc, są podobne, wynika iż boki $q^1/_3 T/_3$ i $q_1 T$ muszą być geometrycznie równoległe, taksamo jak proste $m^1/_3 T/_{3^{90}}$ i $m_1 T_{90}$.

Wysnute prawo podaje już sposób, w jaki przy odcinaniu pewnéj długości na kierunku perspektywicznym nz postąpić należy, jeżeli w obrębie rysunku punktu dzielenia nie ma. Tak wyznaczamy na linii nz długość N_1Q, szukając wprzód długości téj w zagłębieniu punktu n; jest nią nq_1. Następnie znalazszy punkt $n/_3$, kreślimy przezeń poziomą i znaczymy na

niéj za pomocą punktu A punkt $q^1/_3$. Do prostéj, która punkty $q^1/_3$ i $T/_3$ łączy, kreślimy w końcu przez punkt q_1 linią geometrycznie równoległą. Przechodzi ona, jak wykazano, przez punkt dzielenia T, odcina zatem na ramieniu nz odpowiedni perspektywiczny odcinek nq. Taksamo się postępuje, mając na ramieniu nz_{90} odciąć długość NM. Zagłębiwszy długość tę do nm_1, kreślimy m_1A i znachodzimy na niéj $m^1/_3$. Prosta przez m_1 idąca a do linii $m^1/_3T/_{3^{90}}$ geometrycznie równoległa dąży do punktu T_{90}, wyznacza zatem na nz_{90} żądany odcinek nm.

Uwaga 1. Proste $q^1/_3T/_3$ i $m^1/_3T/_{3^{90}}$ odetną na $n/_3z/_3$ i $n/_3z/_{3^{90}}$ punkty $q/_3$ i $m/_3$, które oczywiście leżą na prostych Aq, względnie Am. Możnaby tedy do punktów q i m po otrzymaniu punktów $q/_3$ i $m/_3$ dojść przez połączenie tych ostatnich z punktem A i przedłużenie łączących prostych aż do nz i nz_{90} z pominięciem linij, które poprzód przez q_1 i m_1 geometrycznie równolegle do $q^1/_3T/_3$ i $m^1/_3T/_{3^{90}}$ poprowadzono. Byłby to wprawdzie sposób nieco prostszy, lecz naraziłby na niedokładność w rysunku. Otrzymanoby bowiem punkty q i m w przedłużeniach nadto krótkich linij $Aq/_3$ i $Am/_3$, a tego w poprawnym rysunku ile możności się unika.

Uwaga 2. W razie niedostępności punktu T można dane wymiary perspektywicznie i w inny sposób odciąć. Gdyby np. w fig. 205 podzielono długość Tz na t r z y równe części, od punktu z wychodząc dwie takie części na horyzoncie odcięto i znakowano punkt tak otrzymany symbolem $\mathbf{T}^2/_3$, to łatwo się zrozumie, że linia łącząca punkt ten z punktem $q^2/_3$*) na nq_1 przechodzi także przez punkt q linii nz.

Punkt ten $\mathbf{T}^2/_3$ można łatwo otrzymać wprawdzie nie przez podzielenie wymiaru zT na trzy równe części, gdyż i z i T leżeć mogą poza granicami rysunku, ale przez uwzględnienie okoliczności, że długość $T\mathbf{T}^2/_3 = {}^1/_3 \times zT$ równa się także odcinkowi $z/_3T/_3$. Z tego wynika, że $TT/_3 = z/_3\mathbf{T}^2/_3$, a ponieważ $TT/_3 = 2 \times AT/_3$, to potrzeba celem otrzymania punktu $\mathbf{T}^2/_3$ tylko długość $AT/_3$, od punktu $z/_3$ wychodząc, dwa razy w kierunku do A odciąć. Mając już punkt $\mathbf{T}^2/_3$, uzyskujemy perspektywiczną długość nq odrazu za pośrednictwem punktu $q^2/_3$, a to bez odnoszenia się do figury małéj $n/_3q^1/_3q/_3$. — Podobnie jak punkt $\mathbf{T}^2/_3$ znaleziono i $\mathbf{T}^2/_{3^{90}}$ po odcięciu podwójnéj długości $AT/_{3^{90}}$ od punktu $z/_{3^{90}}$ ku A. Linia łącząca punkt ten $\mathbf{T}^2/_{3^{90}}$ z punktem $m^2/_3$ pozioméj nm_1 przechodzi oczywiście przez punkt m.

Sposób ten dotąd, o ile wiem, nigdzie nie zalecony**),

---

*) Punkt $q^2/_3$ znaczy, że odległość nq podzielono na trzy równe części i dwie z nich od n wychodząc na nq_1 odcięto. Z tego widać, że punkt $\mathbf{T}^2/_3$ w téjsaméj występuje tu roli, co punkty $D/_2$, $D/_3$, $D/_4$... w §. 88.

**) Peschka i Koutny »Freie Perspective« Hannower 1868 podają na str. 145 sposób rozwiązujący tosamo zagadnienie; jest on jednak nierównie zawilszy w konstrukcyi, a przeto nie tak łatwy do zastosowania.

zasługiwałby może na pierwszeństwo przed innymi, gdyż dochodzi do perspektywicznéj długości i rychléj i łatwiéj. Ponieważ jednak polega on na innéj zasadzie i wymaga przy wyznaczaniu punktu $T^{1}/_{3}$ większéj uwagi niż poprzód rozwinięty, to pomimo dogodności, jaką zapewnia, użyto przecież w konstrukcyach sposobu pierwszego, ujednostajniając tém postępowanie i ułatwiając nabranie potrzebnéj wprawy w rysunku.

W fig. 205 odcięto nadto na linii nz długość nq poza punktem q jeszcze cztery razy, a to sposobem znanym.

§. 199. Ćwiczenia w wyłożonéj co dopiero sprawie. Przy danéj w fig. 206 szerokości obrazu przyjęto $AO/_{4}=5^{1}/_{2}\, cm$, jest przeto $AO=22\, cm$ dostatecznie wielkim odstępem oka. Na pł. podstawowéj wykreślono kierunek bx jako ramię kąta prostego. Drugie ramię tego kąta wypadnie jako linia by geom. równoległa do $b/_{4}z/_{4^{90}}$. Oba te ramiona mają być kierunkami boków prostokąta.

Zad. 13. Na kierunku bx odciąć długość BC, na by zaś dwa razy tyle.

Wykr. Do tego wyznaczymy najpierw na horyzoncie punkty $T/_{4}, T/_{4^{90}}$ sposobem znanym. Po zagłębieniu długości BC do bc_1 i uzyskaniu na pozioméj, idącéj przez $b/_{4}$, punktu $c^{1}/_{4}$ za pomocą prostéj c_1A, rysujemy linią $c^{1}/_{4}T/_{4}$ a do niéj przez c_1 geometrycznie równoległą. Tak powstał na bx punkt c. Dla otrzymania drugiego boku na by odcinamy (na mocy danego warunku) $bd_1=2\times bc_1$, znaczymy na pozioméj $b/_{4}c^{1}/_{4}$ punkt $d^{1}/_{4}$, kreślimy $d^{1}/_{4}T/_{4^{90}}$ a do niéj geometrycznie równoległą przez d_1 aż do punktu d na by. Chcąc prostokąt uzupełnić, należy przez d i c wykreślić geometrycznie równoległe do prostych $d/_{4}z/_{4}$ i $c/_{4}z/_{4^{90}}$.

14. Przez punkt f wyrysować linią perspektywicznie równoległą do bx, a na niéj od punktu f odciąć tęsamę długość BC.

Wykr. Szukamy $f/_{4}$ i kreślimy fu geom. równolegle do $f/_{4}z/_{4}$. Następnie zagłębiwszy długość BC do głębokości f otrzymujemy fh; linia hA odetnie na pozioméj idącéj przez $f/_{4}$ punkt $h/_{4}$, a prosta przez h do linii $h/_{4}T/_{4}$ geom. równoległa wyznaczy na fu punkt g tak, że odcinek fg równa się perspektywicznie długości BC.

15. Na pł. podstawowéj leży linia o kierunku lv; wykreślić do niéj w punkcie l prostopadłą.

Wykr. Zadanie to rozwiązuje się według §. 196. Różni się ono od konstrukcyi tam wykonanéj tém tylko, że wystawiona w punkcie $O/_{4}$ linia $O/_{4}r$ prostopadła do $O/_{4}z^{I}/_{4}$ ($z^{I}/_{4}l_{4}//lv$) nie przecina horyzontu w obrębie obrazu. W takim razie połowimy $AO/_{4}$ w punkcie $O/_{8}$ i wyznaczamy także na lA punkt $l/_{8}$. Linia przez $O/_{8}$ geom. równolegle do $O/_{4}r$ przesunięta odcina na horyzoncie punkt $z^{I}/_{8^{90}}$. Po połączeniu tegoż z punktem $l/_{8}$ powstanie prosta, do któréj, jak łatwo pojąć, musi drugie ramię lw kąta prostego przy l być geometrycznie równoległe.

Uwaga. Do odcięcia długości *bd*, *bc*, *fg* można znowu użyć i punktów $T^3/_4$, $T^3/_{4^{90}}$, podobnie jak w figurze poprzedniéj $T^2/_3$, $T^2/_{3^{90}}$. Trzeba tylko w tym celu otrzymane przedtem długości $AT/_4$ od $z/_4$, jakoteż $AT/_{4^{90}}$ od $z/_{4^{90}}$ ku A na horyzoncie trzy razy odciąć, przezco powstaną punkty $T^3/_4$ i $T^3/_{4^{90}}$. Na prostéj d_1bc_1 wyszukujemy punktów $d^3/_4$ i $c^3/_4$; pierwszy połączony z $T^3/_{4^{90}}$ daje linią prostą, która przechodzi przez d, drugi z $T^3/_4$ linią idącą przez c. Podobnie przyjmujemy na pozioméj *fh* punkt $h^3/_4$, który w połączeniu z $T^3/_4$ wyznacza na *fu* punkt g.

16. W fig. 207 dany jest na pł. podstawowéj kąt *wbv*. Ma on być perspektywicznym kątem prostym. Na obu jego ramionach należy odciąć długość *BD*.

Wykr. Nasamprzód trzeba się w myśl §. 196 przekonać, czy odstęp oka, dla którego ten kąt za prosty uważać można, nie jest zamały. Postępując w tym celu według wskazówek §. 196, kreślimy przez punkt $b/_8$ linie $b/_8z/_{8^{90}}$ i $b/_8z/_8$ a to do ramion *bw* i *bv* geometrycznie równolegle, zataczamy nad średnicą $z/_{8^{90}}z/_8$ półkole i otrzymujemy na niém pionowo pod A punkt $O/_8$. Odstęp oka równający się ośmiokrotnéj długości $AO/_8$ jest dostateczny.

Uzyskany następnie, po zatoczeniu ze środka $z/_8$ łuku $z/_8T/_8$ na horyzoncie punkt $T/_8$ leży tak blisko punktu A, że odstęp $AT/_8$ da się na horyzoncie jeszcze siedm razy odciąć, przezco się dochodzi do punktu dzielenia T. Używa go się w takim razie oczywiście z korzyścią i uzyskuje na *bv* odcinek perspektywiczny *bd* równający się wymiarowi *BD*. Chcąc odcinek ten otrzymać na *bw*, należy użyć punktu $T/_{8^{90}}$. Z braku miejsca przenosimy na poziomą punktu b tylko połowę *BD*, t. j. długość *bh*, znaczymy w przecięciu się *hA* i poziroméj punktu $b/_8$ punkt $h/_8$ i rysujemy przez h geom. równoległą do $h/_8T/_{8^{90}}$. Powstał tak na *bw* punkt $c/_2$; długość $bc/_2$ przeniesiono perspektywicznie poza $c/_2$ do c. Odcinki *bd* i *bc* są i między sobą i linii *BD* perspektywicznie równe, a ostatni, t. j. *bc* mocno skrócony.

17. Do ramienia *lx* wykreślić w l prostopadłą i odciąć na obu ramionach daną długość *LM*.

Wykr. Różni się ono od wykreślenia 15. i 16. zag. niniejszego §^{fu} tém, że po otrzymaniu za pomocą $l/_8$ punktów $z^I/_8$, $z^I/_{8^{90}}$, $T^I/_8$, $T^I/_{8^{90}}$ sposobem znanym wyznaczono w nich punkty $z^I/_4$, $z^I/_{4^{90}}$, $T^I/_4$, $T^I/_{4^{90}}$ ($Az^I/_4 = 2 \times Az^I/_8$ ... $AT^I/_4 = 2 \times AT^I/_8$...) i za ich i punktu $l/_4$ pośrednictwem żądany wymiar *LM* odcięto. Postępuje się tak zawsze, jeżeli tylko miejsca na horyzoncie wystarczy, gdyż konstrukcya przy większéj odległości punktów pomocniczych od punktu A niewątpliwie na dokładności zyskuje.

XXII.

Przykłady praktyczne.

§. 200. *Perspektywiczny graniastosłup o kwadratowéj podstawie.* *a*) Wykreślenie bez pośrednictwa pomocniczego planu. Linia bx (fig. 208) przedstawia kierunek jednego boku kwadratu. Drugi bok jego otrzymamy po stosowném przyjęciu punktów A i $O_{/6}$ za pomocą punktu $b_{/12}$ sposobem znanym jako prostą by geometrycznie do $b_{/12}z_{/12^{90}}$ równoległą. Dla odcięcia na obu tych bokach długości BC wyznaczamy najpierw dla boku by częściowy punkt dzielenia $T_{/12^{90}}$ a z niego $T_{/2^{90}}$. ($AT_{/2^{90}}=6\times AT_{/12^{90}}$). Za jego i punktu $g_{/2}$ (leży na pozioméj przez $b_{/2}$) pomocą uzyskuje się linią $gc//g_{/2}T_{/2^{90}}$ a więc i punkt c na by. Punkt d na gx otrzymamy z punktu $T_{/6}$ i poziméj przez $b_{/6}$ przesuniętéj. Uzupełniwszy kwadrat przez wykreślenie linii dh geometrycznie równoległéj do $d_{/12}z_{/12^{90}}$ jakoteż ch do $c_{/3}z_{/3}$, przystępuje się do odcięcia wysokości GF graniastosłupa. Na figurze pomocniczéj bocznéj AGF uskutecznia się to według §. 191.

b) Wykreślenie za pośrednictwem pomocniczego planu. Jest nim kwadrat perspektywiczny $c'b'd'f'$ (fig. 209). Po jego wyrysowaniu przystąpiono do odcięcia wysokości (§. 192). Aby np. otrzymać punkt b, położony pionowo nad b' planu pomocniczego, kreślimy na figurze bocznéj proste AG' i AG, następnie przez b' poziomą aż do b'_1, stąd pionową aż do b_1, z którego wychodząca pozioma wyznacza na pionowéj punktu b' szukany wierzchołek b. Da on się i za pomocą prostych Hb'_{II} i Hb_{II} otrzymać. Z b wychodzi krawędź graniastosłupa, któréj prawdziwą wysokość GL sprowadza się linią AL do głębokości b'_1B_1 figury bocznéj, a stąd linią poziomą do właściwego jéj miejsca bB. Tosamo uczyniono w punktach innych.

§. 201. Parkiet znany z fig. 97. Plan jego geometryczny przedstawia fig. 210_a.

Wykr. Przyjąwszy (fig. 210) ramy obrazu, punkt A i ćwierć odstępu oka $AO_{/4}$, obieramy punkt B na linii podstawowéj jako perspektywę punktu B planu w 210_a i rysujemy dowolnie bx jako linią odpowiadającą prostéj $Baba$... planu geometrycznego. Za pomocą punktu $B_{/4}$, położonego na BA, uzyskujemy punkt $z_{/4^{90}}$, dochodzimy następnie do $z_{/4}$, a więc i do kierunku By, geometrycznie równoległego do $B_{/4}z_{/4}$, i odpowiadającego linii $Bmom$... planu. Na linii Bx odcina się teraz perspektywicznie sposobem znanym przy pomocy punktu $T_{/4^{90}}$ na przemian długości Ba, ab, ba... z 210_a i uzyskuje tak na bx podziałkę perspektywiczną B, a, b, a...*) Z punktów tych wychodzą linie

---

*) Linie a_1a, b_1b... są geom. równoległe do $a_{/4}T_{/4^{90}}$, $b_{/4}T_{/4^{90}}$ figury pomocniczéj przy pp.

geometrycznie równoległe do odpowiadających im prostych małéj figury pomocniczéj; dążą one wszystkie do z.

Wykreślona w perspektywie prosta mz_{45}, uzyskana po wyznaczeniu punktu z_{45} (jak w §. 195) i odcięciu na by długości Bm odpowiada linii przekątnéj *ampm*... geom. planu. Z punktów, w których prosta ta przetnie wyrysowane już a dążące do z linie, jak np. z punktów m, p, m, p... wychodzą krawędzie posadzki i zmierzają do z_{90}. Kreślimy je jako geom. równoległe do prostych, które łączą położone na linii $m/_4 z/_{445}$ punkty z punktem $z/_{490}$. Tym sposobem otrzymało się siatkę z fryzów i zamkniętych między nimi kwadratów złożoną; małe kwadraty, które występują w miejscu przecięcia się fryzów, można teraz wyrysować już bez dalszéj konstrukcyi, jeżeli się zważy, że boki jak *12*, *34* są równoległe do przekątnéj *ampm* dążącéj w perspektywie do z_{45}. Można je zatem przez wierzchołki n, o kwadratów wprost wykreślić. Drugie pary boków, jak *23*, *14* uzyskamy w perspektywie przez przyłożenie lineału do wierzchołków, jak *mm*..., *pp*... itd. i dobitne wyznaczenie boków tych pomiędzy wykreślonymi poprzód liniami $12z_{45}$, $34z_{45}$... jak to na rysunku widać.

§. 202. K o ł a p o z i o m e. Dla poznania najpierw zasady przyjęto w fig. 211 znowu cały odstęp oka AO (jakkolwiek bardzo mały), wyznaczono punkty z, z_{90}, T, T_{90} i wyrysowano perspektywiczny kwadrat *mnrs*. Długość boku jego wynosi $2 \times MN$. W kwadrat ten mamy wpisać perspektywiczne koło.

Wykr. Po uwidocznieniu przekątnych *rm* i *sn* kwadratu uzyskujemy w punkcie ich przecięcia się środek o tak kwadratu jak i koła. Linia do z_{90} przetnie zatem boki *rs* i *nm* w punktach p i $m/_2$, które są punktami styczności tych boków z kołem. Podobnie wyznaczy linia *oz* na bokach *rn* i *ms* punkty i, j jako punkty zetknięcia się ich z linią kołową. Mamy przeto już cztery punkty i, j, $m/_2$, p i styczne w nich do żądanego koła. Przy wyznaczaniu dalszych punktów perspektywicznego jego obwodu oddadzą zasady perspektywy prostéj w każdym bez wyjątku razie usługi nieposlednie.*)

Do tego łączy się punkt A ze środkiem o i przedłuża tę prostą aż do a_1 na pozioméj *ns*, która przez wierzchołek kwadratu przechodzi. Z punktu a_1 odcina się $a_1 b_1 = a_1 c_1 = nm'/_2$, t. j. połowę boku kwadratu czyli promień koła w głębokości *ns*, i wykreśla proste Ab_1 i Ac_1. Linia pozioma, idąca przez środek o, przecina te dwie proste w punktach *1* i *2*. Długości

*) U w a g a. Bezwarunkowe unikanie kreśleń w perspektywie prostéj (coby się ostatecznie dało) byłoby już z tego względu wcale nie na miejscu, że przecież umiejętność dąży do wprowadzenia uproszczeń, któreby i wykonanie konstrukcyi przyspieszyły i przyczyniły się do podniesienia jéj dokładności, a użycie perspektywy prostéj przy formach okrągłych, ułatwiając konstrukcyą, nic z ogólności jéj nie zaciera.

o1=*o2* równają się promieniowi koła w głębokości jego środka, a w linii *12* poznać łatwo równoległą do tła średnicę koła, jak ją w perspektywie prostéj (ob. dotyczące §§.) zawsze kreślono. Uzupełniając perspektywę prostą kwadratu na kole opisanego, którego dwa boki Ab_1 i Ac_1 co do kierunków już znamy, kreśli się ze środka *o* prostą do punktu *D* (*AD*=*AO*). Jest ona już przekątną żądanego kwadratu i wyznacza na liniach Ab_1 i Ac_1 jego wierzchołki *b* i *d*; poziome z nich zamkną z prostymi Ab_1 i Ac_1 jego zarys *bcdf*. Punkty *1*, *2*, *3*, *4* są już punktami koła i zarazem punktami zetknięcia się jego obwodu z bokami kwadratu.

Mając z dwóch opisanych kwadratów ośm punktów i ośm stycznych koła, możnaby je z dostateczną już dokładnością wykreślić. W razie potrzeby można jednak sprawę daléj jeszcze posunąć, rysując w myśl §. 125 fig. 138_a, $_b$, nad bokiem *df* półkole i półkwadrat *fdlk* i wyznaczając na liniach *4k*, *4l* punkty *5* i *6*, a z nich sposobem w fig. $138_{a,b}$ podanym na przekątnych *fc* i *bd* punkty *5*, *8*, *6*, *7*. Postępuje się słowem po otrzymaniu perspektywy prostéj kwadratu *bcdf* zupełnie tak, jak tego §. 125 i dalsze wymagają, i otrzymuje w końcu perspektywę koła jako e l i p s ę przylegającą stycznie w dotyczących punktach do odpowiednich boków kwadratu.*)

§. 203. K o n s t r u k c y a p o p r z e d n i e g o §^fu^ z u w z g l ę d n i e n i e m n a l e ż y t e g o o d s t ę p u o k a. Część jego szóstą przedstawia w fig. 212 długość $AO/_6$. Na horyzoncie otrzymano jeszcze cały punkt dzielenia T_{90}. Użyto go do odcięcia długości *MN* na boku *nm*; za pomocą $T/_6$ wyznaczono tęsamę długość na *nq* tak, że figura *mnpq* jest kwadratem przedstawionym w perspektywie skośnéj, w który koło wpisać należy.

Wykr. Otrzymawszy z wykreślenia przekątnych *qm* i *pn* środek *o* koła, przedłużono linią *Ao* aż do *r* na *PP*, odcięto $rt=ru=\frac{1}{2}\times MN$ i wyrysowano proste *Au* i *At*. Pozioma przez *o* wyznaczy na tych prostych punkty *1*,*2*; linia *12* jest równoległą do tła średnicą koła. Aby teraz na linii *Ao* otrzymać po obu stronach punktu *o* perspektywiczny promień koła, znaczymy na horyzoncie punkt $D/_6$ ($AO/_6=AD/_6$) a na średnicy *12* punkty *l* i *i* tak, aby $ol=oi=\frac{1}{6}\times o1$ (dla czego?). Proste $D/_6l$ i $D/_6i$ odetną na linii *Ao* punkty *3* i *4*, a poziome przez nie zamkną z liniami *Au*,*At* kwadrat *bcdf*, występujący w perspektywie prostéj. W oba te kwadraty można teraz koło albo wprost

*) Twierdzenie wypowiedziane w »Teoryi Perspektywy« Łuszczkiewicza (Tabl. 18 fig. 3): »Koło perspekt. nie jest elipsą a kształt jego zależny od miejsca na obrazie« jest mylne. Udowodniono bowiem w §. 130 teoretycznie, iż perspektywa koła w ogólności j e s t e l i p s ą, a w pewnym tylko wypadku k o ł e m; możebne zaś jeszcze teoretycznie kształty paraboliczne i hiperboliczne wcale nie zależą od »m i e j s c a n a o b r a z i e«, lecz tylko od położenia koła w przestrzeni w z g l ę d e m p ł a s z c z y z n y o b r a z u.

już wrysować, jeżeli nie jest zawielkie, albo jeżeli jest większe, trzeba użyć konstrukcyj z §. 125 i dalszych.

§. 204. Koła pionowe. Zagadnienie tego rodzaju występuje w praktyce najczęściéj w formie: Wpisać w pionowy kwadrat *abcd* fig. 213 (nie dotykający pł. podstawowéj) *) perspektywiczne koło.

Wykr. Potrzeba do tego tylko przy boku *bc* (albo i *ad*) narysować półkole i półkwadrat *bfgc*, wykreślić linie *2f* i *2g* a z otrzymanych na nich punktów *5,6* dochodzić sposobem fig. 147 do punktów *5,6,7,8* na przekątnych *bd,ac* kwadratu. Podobnie jak w fig. 147 wyznaczono i styczne w tych punktach. Dalsze tłómaczenie byłoby wobec omówienia fig. 147 zbyteczne. Oczywiście że i sposób podany w fig. 148 da się tu również dosłownie zastosować.

Między figurami 147 i 148 a obecną 213 zachodzi w ogóle ta tylko różnica, że poziome boki kwadratu dążyły w tamtych do *A*, tu zaś zmierzają do *z*, t. j. że kwadraty pionowe w figurach tamtych miały zarazem położenie prostopadłe do tła, podczas gdy kwadrat w fig. 213, jakkolwiek pionowy, t. j. prostopadły do podstawy, nie jest już prostopadłym do tła ale względem niego ukośny.

§. 205. Jeszcze jeden w praktyce szczególnie dogodny sposób kreślenia linij dążących do oddalonych punktów zbiegu, okazany na zawilszym nieco przedmiocie. Fig. 214_a przedstawia szkic jego geometryczny, z którego widać, że przedmiotem owym jest wznoszący się na płycie kwadratowéj rodzaj pawilonu z czterema sklepionymi otworami. U góry jest on nakryty dachem ostrosłupowym, wyskakującym cokolwiek poza ściany pionowe.

Wykr. Obrawszy w fig. 214 punkt *A* i ćwierć odstępu oka $A0/_4$**) obramowano rysunek. Kreślenie samo rozpoczyna się wyznaczeniem planu perspektywicznego. W nim obrano zagłębiony punkt *a* za perspektywę wierzchołka dolnego kwadratu, który punktowi *a* planu geometrycznego odpowiada. W rysunku perspektywicznym podwojono wymiary szkicu.

Po wyznaczeniu na linii *Aa* punktu $a/_4$ kreślimy prostą $a/_4z/_4$, a do niéj geom. równolegle *ab* jako odpowiadającą linii *ab* szkicu. Następnie wyznaczono $z/_{4^{90}}$ i linią *ad* geom. równoległą do $a/_4z/_{4^{90}}$. Dla odcięcia perspektywicznéj długości *ab* po-

---

*) Że warunek ten w figurze téj istotnie zachodzi, widać od razu. Czworobok *abcd* nie dotyka podstawy, gdyż dolny jego bok *cd* leży powyżéj linii *yz*. Jeżeli *03*=*04* a linia *34* jest pionową średnicą koła, to odcięto *o'n*=*o'r*=*o3* a wychodzące z punktu *T* linie *Tr* i *Tn* znaczą na prostéj *o'z* odcinki *o'm* i *o'l* perspektywicznie równe. Pionowe z *m* i *l* zamykają z liniami *z3*, *z4* kwadrat perspektywiczny, którego środek jest *o*.

**) Punkt $0/_4$ znajduje się nad horyzontem, co oczywiście żadnéj nie stanowi różnicy.

trzebaby na linii podstawowéj odciąć $2 \times ab$ (ze szkicu). Z braku miejsca odcina się ab jeden raz aż do $a_1 b^1/_2$, kreśli $Ab^1/_2$ do t na pp (która przechodzi przez $a/_4$) i rysuje prostą $b'^1/_2 b/_2$ geom. równolegle do $tT/_4$. Powstałą długość przenosi się, jak widać, jeszcze raz do b. Taksamo odcięto ad, a liniami bc i dc geom. równoległymi do $b/_4 z/_{4^{90}}$ i $d/_4 z/_4$ uzupełniono kwadrat dolny, w którym zaraz narysowano przekątne ac (dąży do z_{45}) i bd.

W celu otrzymania na ac wierzchołków f,l,h odcięto perspektywicznie na ab długości af_2, al_2, ah_2. (Znaczymy na PP odcinki $a_1 f_2 = 2 \times af_2$, $a_1 l_2 = 2 \times al_2$, $a_1 h_2 = 2 \times ah_2$ ze szkicu, szukamy na pp punktów jak $f^1/_4, l^1/_4, h^1/_4$ *) i rysujemy przez f'_2, l'_2, h'_2 geom. równoległe do linij łączących punkty $f^1/_4$, $l^1/_4$, $h^1/_4$ z punktem $T/_4$). Z powstałych tak na ab punktów f_2, l_2, h_2 wychodzą proste geom. równoległe do linij, które łączą punkty $f/_4, l/_4, h/_4$ na $a/_4 z/_4$ z punktem $z/_{4^{90}}$. Proste te przetną przekątną ac w punktach f,l,h **); przedłużamy je aż do punktów $j...r$ na przekątnéj bd, jakoteż rysujemy z f, l i h linie do z dążące a to aż do punktów g,i téjże przekątnéj. Z tych punktów należy wykreślić jeszcze linie do z_{90} a mianowicie tak, jak to z punktu i za pomocą $i/_4$ (leży w przecięciu się prostych $d/_4 b/_4$ i Ai) uskuteczniono. Linia iz_{90} jest bowiem do $i/_4 z/_{4^{90}}$ geom. równoległa. Podobnie z punktów $j...r$ proste do z; pomocniczy punkt $r/_4$ uwidoczniono na $d/_4 b/_4$.

Nad poszczególnymi punktami planu perspektywicznego należy teraz poodcinać odpowiednie według szkicu wysokości, jak to już w fig. 208, 209, a przedtem w 199, 200 uczyniono. Ku temu odcięto po lewéj stronie w figurze pomocniczéj APW na prostéj PW długość $Pa' = 2 \times aa$ ze szkicu, wykreślono poziomą aa_3 i pionową $a_3 a''$ aż do linii $a'A$. Długość $a_3 a''$ przeniesiono do aa'' figury głównéj. Z otrzymanego wierzchołka a'' należałoby wyrysować linie do z i z_{90}. W fig. 199 i 200 było to łatwo, bo punkty z i z_{90} mieściły się na rysunku. W fig. 208 i 209 radzono sobie tém, że wysokość płyty odcięto stosownie do zagłębień punktów d i b planu perspektywicznego za pomocą figury bocznéj APW taksamo, jak dla punktu a i uzyskano tym sposobem punkty d'' i b'', a więc i wierzchne krawędzie płyty. — Z korzyścią da się tu jednak zastosować sposób inny; polega on na wprowadzeniu drobnéj konstrukcyi pomocniczéj.

Kreślimy mianowicie przez punkt a linią pionową aw i dzielimy odstęp między punktem a a horyzontem cyrklem na dowolną ilość równych części. Tu wzięto ośm. Części te odcięto na linii aw i powyżéj horyzontu aż do 16. Punkty zna-

---

*) z braku miejsca znakowano tylko $l^1/_4$.

**) do których także za pomocą punktów f_1, l_1, h_1 na ad odciętych dojść można.

kuje się cyframi. Następnie przedłużamy proste *ab* i *ad* aż do punktów *0* na obu pionowych krawędziach obrazu, dzielimy odstęp między tymi punktami *0* a horyzontem na tęsamę co poprzód ilość równych części, a więc tu na ośm, przenosimy te części i powyżéj horyzontu i znakujemy punkty, od *0* wychodząc, tymisamymi co na *aw* cyframi arabskimi. Łatwo teraz pojąć, że jeżeli linia *ab* dąży do punktu *z*, położonego na horyzoncie gdzieś poza obrębem obrazu, to każda prosta, która łączy pewną cyfrę linii *aw* z tąsamą cyfrą prawego brzegu obrazu, do tegoż punktu *z* dąży. Podobnie każda prosta, która pewną cyfrę linii *aw* łączy z tąsamą cyfrą lewego brzegu obrazu, dąży do tegosamego punktu zbiegu, co *ad*, t. j. do z_{90}.

Na podstawie tego możemy przez otrzymany punkt *a''* wykreślić linią do punktu zbiegu *z*, jeżeli tylko krawędź liniału przechodzącą przez punkt *a''* tak ułożymy, aby na prawym brzegu rysunku przeszła przez punkt między *1* i *2* taksamo położony, jak *a''* między *1* i *2* na *aw*. Dla łatwiejszego i poprawniejszego uskutecznienia tego można jeszcze odstęp *12* na *aw* podzielić od oka na pewną ilość, np. cztery równe części, podobnie długość *12* na prawym brzegu i potem liniał należycie przyłożyć. Widzimy, że na *aw* punkt *a''* mieści się w drugiéj ćwiartce odstępu *12*, trzeba więc liniał od oka ułożyć tak, aby krawędź jego odcinek *12* u brzegu rysunku także w drugiéj ćwiartce przecięła; narysowana obok téj krawędzi prosta jest linią *a''b''*. — Podobnie dochodzi się do linii *a''d''* za pomocą podziałki na *aw* i na lewym brzegu rysunku.

Otrzymawszy punkty *b''* i *d''* trzeba z nich w celu uzupełnienia wierzchnego kwadratu wyrysować linie do *z* i z_{90}. Idąca przez *d''* prosta, która dąży do *z*, musi być wmieszczona odpowiednio w podziałkę na linii *aw* i na linii prawego brzegu; przechodzi ona przypadkiem przez punkty *4,4* obu tych podziałek. Linia $b''z_{90}$ zaś przecina podziałkę środkową i podziałkę lewego brzegu między punktami *4* a *5*.

Po wykreśleniu dolnéj płyty szukamy punktu *l''* na jéj wierzchu i znajdujemy go ponad punktem *l* perspekt. planu za pośrednictwem figury bocznéj jak zwykle. Przez *l''* rysuje się proste *l''t* i *l''s* do punktów *z* i z_{90} wmieszczając krawędź liniału w wyż omówione pomocnicze podziałki *). Punkty *m*, *y*,*p*,*q* leżą na liniach *l''t* i *l''s* pionowo nad dotyczącymi punktami planu. Aby otrzymać początki łuków, należy na pionowéj jednego z punktów planu, np. *p* odciąć perspektywicznie

---

*) Linia *l''t* przechodzi cokolwiek poniżéj punktów *2* linii *aw* i prawego brzegu, podczas gdy *l''s* mieści się cokolwiek powyżéj punktów *2* linii *aw* i lewego brzegu.

długość $l'''u$ ze szkicu. Uskuteczniwszy to w figurze bocznéj uzyskano tam p_3u a następnie nad punktem p planu punkt 2_1 jako początek łuku. Punkt 1_1 na pionowéj qq powstanie przez wykreślenie linii z 2_1 do z_{90}, otrzymanéj za pomocą podziałek na aw i lewym brzegu. Aby otrzymać punkty 3_1 i 4_1 na prostych mm i yy przedłużamy $1_1 2_1$ aż do II na $l''l$ i rysujemy przez II linią do z.

Linie $1_1 2_1, 3_1 4_1$ są teraz poziomymi średnicami połówek kół, a jeżeli jeszcze na pionowéj $pp2_1$ odetniemy za pośrednictwem figury bocznéj wymiar $l'''x$ ze szkicu, to otrzymamy na niéj punkt p''. Wykreślona z niego linia do z_{90} wyznaczy na qq punkt q'' tak, że figura $1_1 2_1 p'' q''$ jest półkwadratem, w którym półkole sklepienia się mieści. — Po przedłużeniu linii $p''q''$ do Q na $ll''II$ i wykreśleniu stąd linii do z uzyskamy na pionowych $m3_1$ i $y4_1$ punkty m'' i y'', a więc i półkwadrat dla koła drugiego. Z środka jego o_2 *) po wykreśleniu pionowego promienia $o_2 w_2$ otrzymuje się jeszcze punkty 5_1 i 6_1 obwodu, używając geometrycznego ćwierćkola i kwadratu $4_1 cey''$ tak, jak rysunek wskazuje. Linia $5_1 6_1$ dąży do z; przedłużona do $l''Q$ wyznacza tam punkt V; linia z niego do z_{90} przecina przekątne $o_1 q'', o_1 p''$ w punktach $7_1, 8_1$ obwodu koła na drugiéj ścianie. Koła te muszą w punktach w_1 i w_2 stykać się oczywiście z liniami $p''q''$ i $m''y''$.

Na pionowéj ii'' uzyskuje się początek $4'_1$ koła wewnętrznego, jeżeli przez 4_1 poprowadzimy linią do z_{90}; taksamo i punkt $1'_1$ na rr'' po wykreśleniu linii $1_1 z$ **). Ażeby obok punktu $4'_1$ otrzymać dalsze punkty, np. $5'_1$ koła wewnętrznego, spuszczamy z 5_1 pionową do $5'$ na my, rysujemy stąd prostą do z_{90} aż do $5''$ na pi'', a w $5''$ pionową do góry, która na linii $5_1 z_{90}$ odetnie punkt $5'_1$ szukanego koła. Taksamo znaleziono punkt $8'_1$ z punktu 8_1 (p. §§. 142 i 144, w których postępowanie to zastosowano i uzasadniono).

Po otrzymaniu tych kół bliższych szukamy tymsamym sposobem częściowo tylko widzialnych dalszych, a następnie odcinamy na pionowéj ll'' wysokość $l'''l$ (ze szkicu) uzyskując tak punkt l_1, z którego dążą linie $l_1 t_1$ i $l_1 s_1$ do z i z_{90}. Następnie zaznaczamy nad punktem f planu wysokości $f'''f$ i $f'''f_1$ ze szkicu przy pomocy figury bocznéj, a po otrzymaniu punktów f i f_1 w fig. głównéj rysujemy z nich znowu linie do z i z_{90}. — W końcu szukamy jeszcze wierzchołka s'' dachu, odcinając nad punktem s planu wysokość $o'''s$ szkicu.

Z przykładu tego widać, że się konstrukcya przy pomocy podziałek na aw i na obydwu brzegach obrazu bardzo

---

*) za pomocą przekątnych prostokąta $3_1 4_1 ym$, które się w o'' pionowo pod o_2 przecinają.

**) Kreślenie tych do z i z_{90} dążących prostych odbywa się wyłącznie już za pomocą podziałek na aw i na obu brzegach rysunku.

upraszcza. Do rysunku planu samego podziałek tych jeszcze tu nie użyto; nastąpi to dopiero w §. następującym.

ROZDZIAŁ PIĄTY.

Schody, gzymsy, słupy i naczynia okrągłe, sklepienia.

XXIII.

Schody.

§. 206. Schody kilkakrotnie pod kątem prostym załamujące się (fig. 215). Plan ich a raczéj jego połowę widać w 215_a. Rysunek 215 wykonano w potrójnym rozmiarze szkicu geometrycznego.

Wykr. Dla uzyskania perspekt. planu przyjęto pomocniczą linią podstawową P_1P_1 a na niéj punkt M_1 jako perspektywę punktu M planu geometrycznego. Po obramowaniu rysunku, przyjęciu na horyzoncie H_1H_1 punktu oka A_1 i odstępu $A_1O/_4$ wykreślono prostą M_1u jako perspektywę linii Ma szkicu i znaleziono przy pomocy punktu $M'/_4$ punkty $z/_4$ i $z/_{4^{90}}$, a z nich sposobem znanym drugie ramię M_1y perspektywicznego kąta prostego jakoteż częściowe punkty dzielenia $T/_4$ i $T/_{4^{90}}$.

Ponieważ na planie perspekt. wystąpi znaczna ilość linij dążących do z i z_{90}, to ułatwimy sobie ich kreślenie przez wykonanie znanych już pomocniczych podziałek na linii M_1w i na obu brzegach rysunku. Dzielimy do tego odstęp między M_1 a horyzontem na dowolną ilość równych części, tu dwanaście, podobnież i odstępy między punktami u i y obu brzegów i horyzontem i znakujemy otrzymane punkty podziałek cyframi arabskimi.

Na kierunku M_1u odcina się teraz perspektywicznie długość M_1a równą $3 \times Ma$ ze szkicu. Z braku miejsca można na P_1P_1 odciąć tylko jednę trzecią (t. j. $M_1a'/_3 = Ma$ szkicu) a otrzymaną stąd długość perspektywiczną $M_1a/_3$ przenosi się za pomocą punktu $z/_{4^{90}}$ perspektywicznie na M_1u jeszcze dwa razy aż do a. Stąd rysuje się stosownie do szkicu linią równoległą do kierunku M_1y; dąży ona do punktu zbiegu z. (Linia ta aa przecina obie podziałki pomocnicze cokolwiek powyżéj cyfry 5). Na linii M_1y wyznaczamy następnie punkt c_1 odpowiadający punktowi c_1 szkicu. Z niego wychodzi prosta równoległa do M_1a, a więc wmieszczona między tesame cyfry podziałek na M_1w i na lewym brzegu. Prosta ta przecina linią aa w punkcie b (jak w szkicu). Po uzyskaniu na linii M_1a długości M_1c_2 rysuje się przez c_2 równoległą do M_1y, a więc dążącą do z, i otrzymuje tak w perspektywie punkt c (jak w szkicu).

W ciągu dalszym dochodzi się na linii M_1y sposobem znanym stosownie do wymagań szkicu do punktu f, a wykreślona stąd równoległa do M_1a odznaczy na linii cc punkt d. — Je-

żeli na linii M_1y odetniemy jeszcze punkt x (odpowiada on punktowi środkowemu x szkicu) i wykreślimy przezeń linią do z_{90}, to otrzymana prosta $xo_1o_2o_3$ jest osią symetryi dla planu w perspektywie. Dla dokończenia jego linii skrajnéj *abcdfxfdcba* potrzeba tylko odległości między osią tą a punktami *f,d,c,b,a* po lewéj jéj stronie przenieść perspektywicznie na prawą, przez co tu punkty *f,d,c,b,a* powstają. — Z punktu g_1 na linii M_1y (odpowiada on punktowi g_1 szkicu) i wykreślonéj zeń linii do z_{90} dochodzi się na prostéj *aa* do wierzchołka *g* (jak w szkicu).

Dla uzupełnienia planu miejmy na uwadze, że wierzchołki w miejscach załamania się, t. j. punkty *n,p,h*; *r,s,k*; *t,u,l* leżą na przekątnych, które w perspektywie z wierzchołków *c,d,f* do punktu z_{45} poprzód już na horyzoncie wyznaczonego zmierzają. Aby przekątne takie i po drugiéj stronie osi symetryi xo_3 otrzymać, przedłużamy wykreślone właśnie proste cz_{45}, dz_{45}, fz_{45} aż do przecięcia się z osią symetryi w punktach o_3, o_2, o_1 (por. §. 102) i łączymy punkty te z odpowiednimi wierzchołkami planu po stronie prawéj. Na przekątnych znajdziemy wierzchołki *n..,r..,t..*, sposobem następującym: Dzielimy długość *bg* na linii *aa* odpowiednio do szkicu na t r z y równe części (za pomocą punktu $z/_{490}$) i kreślimy przez otrzymane punkty *i,j,g* linie równoległe do M_1a*) aż do przekątnéj cz_{45}, t. j. do punktów *n,p,h*. Przez nie rysujemy daléj proste równoległe do M_1y i znaczymy je pomiędzy przekątnymi co_3 i do_2 tak po lewéj jak i po prawéj stronie osi symetryi. Powstały tak na do_2 punkty *d,r,s,k*, po drugiéj stronie na co_3 punkty *n,p,h*. Przez *r,s,k* kreślimy następnie linie, do M_1a równoległe, aż do punktów *t, u, l* na fo_1, stąd równoległe do M_1y aż do drugiéj przekątnéj fo_1 itd. Tak widać, że po dokładném wyznaczeniu dwóch kierunków M_1u i M_1y jakoteż wykonaniu podziałek pomocniczych pionowych łatwo i szybko doszło się do perspektywicznego planu. Szerokość drzwi w murze, tego wymiaru co długość środkowéj części górnego stopnia, rysowano w przedłużeniu krawędzi *kl* po obu stronach. Czworobok *10,20,30,40* jako otwór drzwiowy kończy rysunek planu.

Teraz przyjmujemy właściwą linią podstawową obrazu w *PP* jakoteż nowy horyzont *HH*, gdyż przy użyciu dawnego H_1H_1, jako położonego zbyt blisko nowéj linii *PP*, nie przedstawiłby się rysunek dość wyraźnie. Po dokładném rozważeniu sprawy łatwo się nabierze przekonania, że użycie nowego horyzontu nie jest wcale rzeczą niewłaściwą i że w niczem nie

---

*) Oczywiście przez wmieszczenie ich między odpowiednie cyfry podziałek pionowych, na których dla ułatwienia i większéj dokładności należy poszczególne odcinki podzielić od oka na, dajmy na to, cztery jeszcze równe części; za ich pomocą wmieszczenie krawędzi linealu łatwiéj i dokładniéj uskutecznić (ob. fig. 214).

sprzeciwia się zasadom konstrukcyi ani jéj wypadkowi, jeżeli tylko wymiary przedmiotu pozostają tesame.

W przecięciu się linii *PP* z pionową M_1w leży punkt M, w pionowych wzniesionych w punktach $z_{4_{90}}$, A_1, $z/_4$ leżą na nowym horyzoncie odpowiadające im punkty $z_{4_{90}}, A, z/_4$. Na linii *MA* znajduje się punkt $M/_4$ a proste, które przez M geom. równolegle do $M/_4 z/_{4_{90}}$ i $M/_4 z/_4$ przechodzą, leżą pionowo nad liniami M_1u i M_1y pomocniczego planu i są ramionami kąta prostego w rysunku właściwym. Na nich leżą punkty a', c'_2, c'_1, f'_1, f' pionowo nad odpowiadającymi im punktami pierwotnie wyszukanymi. Na linii *Mw* jakoteż na obu brzegach rysunku potrzeba obecnie znowu pomocniczych podziałek pionowych. Ażeby podziałka na M_1w mogła i nadal być użyteczną, przesunięto nową linią *PP* z umysłu d o k ł a d n i e przez jakąś cyfrę téjże — tu przez punkt *5* — a horyzont przez punkt *16*, t. j. o cztery całe części powyżéj horyzontu dawnego. Odstęp pomiędzy punktem M a horyzontem podzielony tedy jest na części jedenaście; na tyleż dzielimy i pionową w punkcie a' jakoteż i inną w pobliżu prawego brzegu, gdyż łatwo spostrzéc, że podziałki dawniejsze umieszczone na samych brzegach w ogólności użyć się nie dadzą. Dla zapobieżenia omyłkom rozpoczęto ocyfrowanie na nowych podziałkach nadbrzeżnych także od cyfry *5* tak, że na horyzoncie stoi *16*. Linie przechodzące tedy przez jednakowe cyfry dążą znowu do punktów z i z_{90} na horyzoncie nowym.

Linia $a'a''$ jest już pionową krawędzią muru, do którego schody przypierają. Po wykreśleniu linii przez a' do z znaczymy na niéj pionowo nad punktem b planu punkt b'. Linia $b'c'_1$ jest dolną krawędzią pierwszego stopnia i oczywiście perspekt. równoległą do Ma'. Rysunek schodów uskutecznia się za pomocą linij spadu (§. 96). W tym celu staramy się otrzymać nad punktami b i g planu wysokości pierwszego i najwyższego stopnia. Rysujemy do tego linią z dowolnego punktu horyzontu (tu z_{45}) do F_1 na P_1P_1, pionową F_1F i prostą Fz_{45}. Następnie przez b i g poziome bv', gy' i pionowe $v'v, y'y$. Na linii F_1F odcinamy teraz wysokości czterech stopni do *I, II, III, IV* *) i rysujemy przez punkty te proste do z_{45}. Odetną one na pionowych $v'v$ i $y'y$ punkty w i e tak, że vw i ye są wysokościami dolnego i górnego stopnia, które liniami poziomymi do $b'b''$ i $g'g''$ przenosimy. Proste $b''g''$ i $b'g'$ są już liniami spadu schodów na murze a pionowe, w punktach i, j planu wystawione, wyznaczą między tymi liniami krawędzie $i'i'', j'j''$. Linie $b''i', i''j'$, $j''g'$ dążą do z **) i uzupełniają profil schodów na murze.

---

*) Wysokość stopnia równa połowie ich szerokości.

**) Wmieszcza się je w podziałki na linii *Mw* i na linii przy prawym brzegu.

Aby otrzymać resztę rysunku, kreślimy w punktach *h,p, n,c*; *k,s,r,d*.... planu linie pionowe, a przykładając teraz krawędź linealu po kolei przez punkty *g'',g',j'',j',i'',i',b'',b'* i między odpowiednie cyfry dotyczących podziałek, rysujemy krawędzie stopni od razu dobitnie. Tak np. wyrysowano przez *g''* i *g'* dwie krawędzie aż do pionowéj *hh''*, przez *j''* i *j'* dwie aż do pionowéj *pp''* itd. Przez otrzymane punkty *h''..p''..n''..c''*., przesuwa się ponownie krawędź linealu i rysuje linie *h''k''...c''d''*.. (aż do pionowych *kk''...,dd''*) jakoteż linią *k''h''* po prawéj stronie. Podobnie przechodzą przez *k'',..d''* dalsze krawędzie *k''l'', ..d''f''* (dążą do punktu z_{90} i kończą się w pionowych *ll''...ff''*) itd.

Rozumie się, że punkty *h'',p'',n'',c''*, które jeszcze po prawéj stronie widać, leżą w przedłużeniu krawędzi *h''k'',p''s'',..c''d''* strony lewéj i na odpowiednich pionowych *hh'',..cc''*. Linia *g''g''* stanowiąca przecięcie się wierzchnéj płaszczyzny schodów z murem pionowym dąży oczywiście do *z*, w niéj znajdują się punkty *10',30'* otworu drzwiowego. Linia *30'40'* dąży do z_{90}, na niéj leży punkt *40'*. Pionowo nad punktem *a* strony prawéj wznosi się pionowa krawędź *aa''* muru.

§. 207. Schody częściowo okrągłe. Szkic ich geometryczny fig. 216ₐ potrojono i tu w jego wymiarach. Po urządzeniu w fig. 216 tablicy rysunkowéj jak poprzód przyjęto znów na pomocniczéj linii podstawowéj punkt M_1, wykreślono linie M_1u i M_1y i wyznaczono punkty *a,b,c,d,f*, daléj linią symetrii $o'_1o_1a_1a_3$ a po lewéj jéj stronie punkty odpowiadające punktom strony prawéj. Również wyznaczono w perspektywie punkty o_2 i o_1 jako środki wchodzących tu kół. Przystępując do ich wykreślenia, rozpoczynamy kołem o środku o_2 i postępujemy w myśl §§. 202 i 203.

Linia A_1o_2 przedłużona do P_1P_1 wyznacza tu punkt o'_2 a odcinki $o'_2D=o'_2D_1=3\times o_2d$ (ze szkicu) przedstawiają prawdziwą wielkość promieni tych kół, $o_2F=o_2F_1$ zaś promienie zmniejszone w miarę głębokości środka o_2. Aby promienie te uzyskać na średnicy o_2A_1, mającéj kierunek zagłębienia, odcina się na pozioméj o_2F długość $o_2F/_4=\frac{1}{4}\times o_2F$ i łączy punkt $F/_4$ z punktem $D/_4$ horyzontu (§. 203). Otrzymany tak punkt L_1 jest końcem prostopadłéj do tła średnicy, a czworobok $FPQF_1$ opisanym na półkolu półkwadratem. Koło samo da się teraz z dostateczną dokładnością narysować; przechodzi ono przez punkty F_1,c,L_1,d,F i przylega w punktach F_1,L_1,F stycznie do prostych: A_1F_1, poziom éj PQ i linii A_1F. Podobnie znajdziemy perspektywę koła o środku o_1, jeżeli promień jego o_1f (ze szkicu) trzy razy wzięty zagłębimy aż do $o_1V=o_1W$, a podzieliwszy długość o_1V w punkcie $V/_4$ na cztery części, punkty $V/_4$ i $D/_4$ połączymy. Powstały tak na A_1o_1 punkt K jest końcem średnicy prostopadłéj do tła, a koło można przez punkty V,f,K,W,f narysować, a to jako przylegające stycznie

w punktach V,K,W do linij: A_1V, poziomėj przez K i prostėj A_1W.

Koło dqc po stronie lewėj wykreślimy, szukając najprzód jego środka o_3. Leży on na prostėj o_2dd dążącėj do z_{90} tak, że odcinek do_3 równa się perspektywicznie odcinkowi do_2. Poziomą przez o_3 przedłużono aż do xy po prawėj stronie; długość xy, perspektywicznie równa o_2F_1, jest promieniem tego koła w odpowiedniém głębokości o_3 zmniejszeniu. Przeniesiono to xy do o_3q. Linia A_1q jest w punkcie q styczną do koła, które przez punkty d,q,c dość *) dokładnie narysować można.

Otrzymawszy skrajną linią planu, szukamy na krawędzi muru aa punktu g i dzielimy długość bg znowu w punktach i,j na trzy równe części. Przez punkty c,d,f po obu stronach osi symetryi kreślimy w planie przekątne jak w fig. poprzedniéj, a następnie z punktów i,j,g za pomocą pionowych podziałek linie dążące do z aż do punktów h,p,n na przekątnéj cz_{45}. Aby otrzymać punkty na przekątnéj dz_{45} najlepiéj (ob. szkic) przedłużyć krawędzie bc,in,jp,gh aż do linii o_2z_{45} (odpowiada ona linii o_2n szkicu), a stamtąd z punktów $4,5,6$ wykreślić linie do M_1y perspektywicznie równoległe. Odetną one na przekątnéj dz_{45} żądane punkty r,s,k. Przez punkty n,r; p,s; h,k przechodzą dalsze trzy, z kołem cL_1d spółśrodkowe koła. Wynajdziemy ich punkty $1,2,3$ na średnicy A_1o_2, jeżeli odpowiednie ćwiartki ich średnic poziomych o_2G_4, o_2H_4, o_2K_4 na FF_1 odetniemy i punkty $G/_4,H/_4,K/_4$ z $D/_4$ połączymy. Koła te muszą być styczne do poziomych, które przez punkty $1,2,3$ wykreślono, można je tedy już dość dokładnie wyrysować. Podobnie dochodzi się do odpowiadających im z drugiéj strony.

Linie $6k,5s,4r$ przetną się z obu przekątnymi fa_1 w punktach, z których wedle szkicu wychodzą proste aż do punktów $1,2,3$ linii o_2o_1. Punkty te są początkami następujących trzech kół, które po wyznaczeniu ich prostopadłych do tła promieni o_14,o_13,o_12 z łatwością uzyskano.

Przystępując do właściwego rysunku, podnosimy znowu linią podstawową jakoteż horyzont i rysujemy obie te proste z téjsaméj co poprzód przyczyny przez pewne cyfry podziałki na M_1w, mianowicie PP przez punkt 6 a HH przez 17. Otrzymawszy na PP punkt M i wykreśliwszy Ma' i $M6$ (geom. równolegle do $M/_4z/_4$ i $M/_4z/_{490}$), urządzamy przy brzegach pomocnicze podziałki z odpowiedniém ocyfrowaniem.

Po obraniu na H_1H_1 dowolnego punktu E_1 i ponad nim na horyzoncie HH punktu E, wykreśleniu daléj linii E_1G_1 jakoteż EG odcinamy na G_1G wysokość czterech stopni w I,

*) t. z. że wyznaczanie większéj ilości punktów tego koła nie miałoby nic za sobą, bo z jednéj strony dokładność tego nie żąda, a skądinąd wymaga się po rysowniku tyle wprawy, żeby jak najmniéj biorąc linij pomocniczych z teoryi, przecież w poprawności kreślenia nie błądził.

II, III, IV i znachodzimy jak przedtem wysokość $b'b''$ i $g'g''$ dolnego i górnego stopnia. Między liniami spadu $b''g''$ i $b'g'$ uzyskuje się profil schodów na murze. Po wykreśleniu w punktach c, n, p, h planu linij pionowych rysuje się przez wierzchołki owego profilu krawędzie $g''h''$... $b''c''$, $b'c'$ aż do tych linij, na których powstają pionowe krawędzie schodów w załomie nad przekątną chz_{45}. Dla otrzymania punktów nad przekątną dkz_{45} najlepiéj postąpić tak, jak na rysunku dla krawędzi $s''s'$ uwidoczniono, t. j. wykreślić przez punkt s planu linią poziomą ss_1 aż do G_1E_1, w s_1 pionową aż do $s'_1s''_1$ między liniami *IIE* i *IIIE*, gdyż nad punktem s wznosi się krawędź pionowa trzeciego stopnia. Mieści się ona między punktami s', s'', w których się poziome z punktów s'_1 i s''_1 z pionową punktu s planu przetną. W podobny sposób uzyskano i resztę krawędzi załomu nad przekątną dkz_{45}.

Między wierzchołkami nad przekątnymi dk i ch, a więc między k'', ... d'', d' i h'', ... c'', c' rysuje się teraz części kołowe, wyznaczając między ich punktami końcowymi jeszcze po jednym punkcie. Szukamy w tym celu punktu o'_2, pionowo ponad o_2 planu, i rysujemy linią o'_2A. Leży ona pionowo ponad o_2A_1 planu, a na niéj punkt L' pionowo ponad L_1. Wykreślona przez L' pozioma jest styczną koła dolnego, które przez trzy punkty c', L', d' łatwo narysować. Aby dojść do wysokości stopnia w punkcie L', przedłuża się wykreśloną przezeń poziomą aż do L'_1 krawędzi $b'c'$ i wystawia w L'_1 pionową $L'_1L''_1$. Długość jéj jest wysokością stopnia pierwszego w zagłębieniu punktu L', przenosimy ją liniami poziomymi do $L'L''$, przezco powstał punkt L'' koła łączącego wierzchołki c'' i d'', które równie łatwo jak dolne wykreślić. Dla reszty kół odcinamy na pionowéj $L'L''$ długość tę jeszcze trzy razy (p. rysunek). Przez połączenie punktów téj pionowéj z punktem A jakoteż wykreślenie pionowych w punktach $1, 2, 3$ planu powstanie przekrój tych schodów $L'L''1'1''2'2''3'3''$. Punkty $1', 1'', 2', 2'', 3', 3''$ są już punktami poszczególnych kół, które wierzchołki nad przekątnymi ze sobą łączą.

Z punktów $k'', s'', s' .. d'', d'$ dochodzi się teraz nad przekątną fa_1 do wierzchołków $l'', l' ... f'', f'$. Z nich wychodzą proste (do z) sięgające aż do pionowych bb, cc, dd (ponad punktami $1, 2, 3$ planu). Z b rysujemy prostą konstrukcyjną aż do b_1, (pionowo ponad punktem 1_1 planu). Punktów nad przekątną fa_1 planu po lewéj stronie osi symetryi, na rysunku nie widać.

Przystępując do kół w tém miejscu, szukamy dla dokładności znowu w każdém z nich po jednym punkcie, t. j. szukamy przekroju schodów płaszczyzną pionową, która w perspektywie do A dąży. Po wyznaczeniu tedy na pł. podstawowéj punktu k', położonego ponad k planu *), rysujemy w nim

*) przez wykreślenie linij Q_1Q_1' i Q'_1A, na któréj k' pionowo ponad k planu leży.

pionową i odcinamy na niéj wysokość czterech stopni, uwzględniając zagłębienie punktu k'. Najlepiéj czyni się to przez poprowadzenie pozioméj $k'k'_1$ aż do krawędzi $f'd'$, pionowéj $k'_1k''_1$ i poziom̃éj $k_1''k''_1$, która szukaną wysokość $k'k''$ wyznaczy. Po przeniesieniu jéj do II,III,IV i wykreśleniu stąd linij do A uzyskujemy między pionowymi. wzniesionymi nad punktami $2,3,4$ planu, szukany przekrój $k'k''2'2''3'3''4'4''$ schodów. Na wyprowadzonéj teraz z punktu o' (leży na $d'd'$ pionowo nad o_1 planu) poziom̃éj $o'W'$ znajduje się punkt W' (pionowo nad W planu); linia $W'A$ jest styczną dolnego koła. Rysujemy je zatem dokładnie przez punkty f',k',W' a stycznie w k' do poziom̃éj, w W' do $W'A$. Dla koła drugiego kreślimy w punkcie o'' (leży on także na linii o_1o') poziomą aż do W'', przez punkt ten styczną $W''A$ koła tego i otrzymujemy je jako krzywą $f''k''W''$. Podobnie szuka się i kół następnych, których środki o'''... wszystkie leżą na linii o_1o'.

Punkty jak d',d'' pionowo nad punktami przekątnéj dka_2 po lewéj stronie łatwo otrzymać, bo leżą na przedłużeniach krawędzi $d'f',d''f''...k''l''$. Punkty zaś c',c'',n'',p'',h'' strony lewéj mieszczą się w liniach, które przez wierzchołki c',c'',n'',p'',h'' strony prawéj do z_{90} dążą, a to pionowo ponad punktami c,n,p,h przekątnéj cha_3 po lewéj. Punkty pomocnicze jak r'',s''... kół uzyskać łatwo, bo leżą one ponad punktami $r,s...q$ planu, z których wszystkie mieszczą się na poziom̃éj średnicy No_3. Punkt N leży w przecięciu się téj średnicy z prostą kA. Pionowo ponad punktem N planu znajdujący się w linii IVA punkt N'' leży na wierzchnéj płaszczyźnie najwyższego stopnia. Pozioma z niego wyznaczy na pionowéj punktu r planu punkt r''. Koło $h''r''k''$ musi teraz podobnie jak odpowiadające mu hrk na planie stykać się w r'' z linią Ar''. Podobnie szukamy punktu s''. Leży on w pionowéj punktu s planu, a to w jéj przecięciu się z poziomą wykreśloną przez N_1''. Punkt N''_1 zaś mieści się w pionowéj NN'' i prostéj $IIIA$, t. j. w płaszczyźnie wierzchnéj trzeciego stopnia. Przy innych kołach postąpiono taksamo. — Wykreślenie framugi w murze uzupełnia rysunek.

Jak z rozsnutych przykładów wynika, dadzą się urządzone przy brzegach rysunku podziałki już i przy kreśleniu planu, który zawsze stanowi najważniejszą część pracy, z korzyścią zużytkować.

§. 208. **Schody kręcone.** Plan ich geom. przedstawia fig. 217_a. Widać w nim dwa koła spółśrodkowe o promieniach oa i ob. Mniejsze z nich wyobraża środkowy słup walcowy, do którego stopnie wszystkie przypierają, większe zaś rozmiar całéj stopniami zajętéj przestrzeni. Linie ze środka o_1, dzielące obwody obu tych kół na 16 równych części, przedstawiają w planie krawędzie samych stopni. Po nich można,

obchodząc słup środkowy do koła, z dolnych przestrzeni dostać się do wyżéj położonych.

Rysunek perspekt. fig. 217 rozpoczęto wykreśleniem perspektywicznego, a to przedewszystkiém pomocniczego planu, który się mieści pod figurą główną. W nim odcięto dwukrotnie wymiary fig. 217_a i przedstawiono tak za pomocą punktów A_1 i $D^{1}/_{3}$ koła spółśrodkowe, które sposobem znanym podzielono na 16 równych części (§. 135). Linie proste $o'a'$, $o'1'$,$o'2'$... łączące środek o' z punktami podziału, są krawędziami poszczególnych stopni w planie. Obrawszy teraz nad pomocniczą linią podstawową P_1P_1 właściwą PP jakoteż horyzont w stosownéj wysokości a na nim punkty A i $D/_3$, kreśli się ponad pomocniczym właściwy plan perspektywiczny i rysuje w nim również odpowiednie promienie kół jako linie, ponad którymi się mieszczą krawędzie stopni.*) Wysokością tychże jest połowa ich szerokości, którą w budownictwie przedstawia cięciwa *mn* na kole kreskowaném w fig. 217_a; połowi ono odstęp obu narysowanych pierwotnie kół spółśrodkowych.

Dla szybkości i dokładności dalszego rysunku kreśli się w dowolnym punkcie M linii PP prostą pionową i odcina na niéj skalę wysokości dla stopni. Części téjże $MI=I\,II=$.. równają się cięciwie *mn*, przedstawiają wysokość stopni na samém tle i wynoszą (z powodu powiększonych w dwójnasób wymiarów fig. 217_a w rysunku perspekt.) połowę ich szerokości. Po połączeniu punktów *I,II,III...XXIII,XXIV* z obranym dowolnie na horyzoncie punktem F uzyskujemy skalę wysokości dla jakiegokolwiek zagłębienia. Linia a_1b_1o na właściwym planie perspekt. stanowi teraz dolną krawędź pierwszego stopnia; wysokość jego a_1a uzyskujemy po narysowaniu pozioméj $a_1a'_1$ aż do linii MF, daléj pionowéj $a_1'a'$ (aż do FI) i przeniesieniu wymiaru a'_1a' cyrklem (lub też za pomocą poziomej $a'a$) do a_1a właściwego rysunku. W celu otrzymania pionowéj ściany $a_1b_1ab_2$ przesuwa się przez a linią perspekt. równoległą do a_1b_1, a więc zmierzającą w tym razie do A, gdyż i a_1b_1 tam dąży. Prosta aA przecina walec środkowy w punkcie b_2 pionowo ponad b_1; linia b_1b_2 jest linią przecięcia się ściany pionowéj pierwszego stopnia z powierzchnią tego walca. Uzyskana tak krawędź ab_2A przetnie w przedłużeniu jeszcze pionową oś *oo* środkowego słupa; tosamo czynią i krawędzie wszystkich innych stopni**), a że ściany pionowe tychże bez wyjątku są prostokątami, to wynika z tego, że odcinki odznaczone wspomnianymi krawędziami na osi *oo* równają się

*) Rysunek perspekt. planu pomocniczego można także pominąć; dodano go tu tylko dla łatwiejszego rozejrzenia się w sprawie.

**) Przyczyna tego w tém, że ściany pionowe wszystkich stopni leżą ponad liniami $a'b'$,$1'c'$,$2'd'$... planu, z których wszystkie przez środek o' przechodzą.

każdy z osobna wysokości stopnia. Odcinki te można zaś dla uproszczenia rysunku na osi *oo* wprost wyznaczyć. Prowadzi się ku temu przez środek *o* planu linią poziomą aż do punktu $4''_1$ na *MF* i wystawia tu pionową, która przecina wszystkie linie *FI*, *FII*... *FXXIV* w miejscach kółeczkami oznaczonych. Poziome stąd odetną na osi *oo* punkty $1_0, 2_0, 3_0...$, przez które krawędzie stopni przejść będą musiały.

Otrzymana pierwéj krawędź ab_2A przechodzi przeto przez punkt 1_0. Dla uzupełnienia rysunku pierwszego stopnia należy jeszcze nad punktem $1''_1$ planu odciąć jego wysokość. Uskutecznia się to wykreśleniem pozioméj $1''_1 1''_1$ (aż do *FM*), daléj pionowéj $1''_1 1'$ (aż do *FI*) i przeniesieniem wymiaru $1''_1 1'$ do $1''_1 1'$ na rysunku głównym. Prosta łącząca punkty *1* i 1_0 jest drugą krawędzią na wierzchnéj płaszczyźnie stopnia tego; należy ją przedłużyć aż do punktu c_1. W nim przebija ona słup środkowy, oczywiście w owéj linii pionowéj, którą w punkcie c' planu wzniesiono. Do otrzymania w końcu łuków kołowych *a1* i b_2c_1 na zarysie wierzchnéj płaszczyzny pierwszego kamienia nie potrzeba już osobnéj konstrukcyi, lecz rysuje się koła te od oka i ręki tak, aby położonym poniżéj łukom $a_1 1''_1$ i b_1c' odpowiadały.

Stopnia drugiego dolną krawędzią jest poprowadzona już linia $1c_1 1_0$; ściana jego pionowa leży nad linią $1'c'$ planu. Aby górną jego krawędź 1_2c_2 uzyskać, potrzeba tylko nad punktem $1''_1$ pł. podstawowéj odciąć podwójną wysokość stopnia. Czyni się to na figurze pomocniczéj *MF* przez przedłużenie wykreślonéj już poprzednio pionowéj $1''_1 1'$ aż do $1'_2$ na prostéj *FII* i przeniesienie długości $1''_1 1'_2$ do $1''_1 1_2$ rysunku głównego. Linia łącząca otrzymany tak punkt 1_2 z punktem 2_0 osi *oo* jest oczywiście szukaną krawędzią górną i sięga także aż do poprzód wzniesionéj już pionowéj $c'c_1$, a mianowicie do punktu c_2. Pionowa c_1c_2 wybitnie nakreślona stanowi znowu przecięcie słupa środkowego z pionową ścianą drugiego stopnia, którego rysunek uzupełniamy jak poprzód w sposób następujący: Nad punktem $2''_1$ planu odcinamy za pomocą figury bocznéj *MF* najpierw wysokość jednę w rozmiarze $2''_1 2_1$, a przedłużywszy łuk kołowy *a1* pierwszego stopnia od ręki aż do 2_1, wyznaczamy nad punktem $2''_1$ wysokości dwie i dochodzimy tak do punktu *2*. Wykreślony od ręki łuk $1_2 2$ zamyka zarys okrągłéj ściany przedniéj drugiego stopnia, którego wierzch uzupełnimy w rysunku linią łączącą wierzchołek *2* z punktem 2_0 osi *oo*. Sięga on do punktu d_1 leżącego pionowo nad d' planu i kończy się krótkim łukiem d_1c_2 od ręki.

Stopień trzeci powstanie przez odcięcie trzech wysokości nad punktem $2''_1$ planu; uzyskuje się tak krawędź pionową 22_3. Z końcowych jéj punktów wychodzące do $2_0, 3_0$ linie są konturami ściany pionowéj tego stopnia. Sięgają one do pio-

nowéj $d_1 d_2$ (nad punktem d' planu). Przez wyznaczenie nad punktem $3''_1$ planu punktów $3_1, 3$ oddalonych od $3''_1$ o dwie, względnie trzy wysokości powstanie pionowa krawędź $3_1 3$ trzeciego stopnia, a łuki 23_1 i $2_3 3$ od ręki, daléj krawędź 33_0 i mały łuczek przy d_2 uzupełnią jego rysunek. W podobny sposób uzyskujemy przy pomocy figury bocznéj *FM* i skali na *oo* wszystkie inne stopnie. Uwidoczniona w figurze bocznéj linia łamana $a'_1 a' 1' 1'_2 2' 2'_3 3' 3'_4$... i wychodzące z jéj wierzchołków linie poziome aż do wierzchołków poszczególnych stopni w rysunku głównym dostarczą wskazówek do dalszego kreślenia. Należy tylko dotychczasowe postępowanie z uwagą stopień za stopniem zastosowywać a wypadające łuki jak dotąd od ręki wyznaczać.

Ażeby otrzymać d o k ł a d n i e kamienie po prawéj stronie słupa i dalsze, potrzeba wszystkie niewidome dla oka stopnie, które poza słupem się mieszczą, z wszelką troskliwością rysować, gdyż tym tylko sposobem można poprawność całemu rysunkowi zapewnić. Widać w nim, że stopnie aż do jedenastego leżą pod horyzontem, wszystkie dalsze zaś nad nim, z tamtych przeto przedstawiają się oku wierzchy, z tych spody; u niektórych także ściany okrągłe (któreż to są?), podczas gdy u innych ścian tych nie widać.

Dokładnie pionowo nad ścianą $aa_1 1''_1 1$ stopnia pierwszego mieści się okrągła ściana $16, 16_1, 1_1, 1$ stopnia siedmnastego; z nim zaczyna się druga serya schodów prowadzących wyżéj. Krawędzie ich pionowe, w których się one z walcem przecinają, (widać z nich końce b_2, c_2, d_2) leżą pionowo nad liniami $b_1 b_2, c_1 c_2, d_1 d_2$ seryi pierwszéj.

Uwaga 1. Podobnie jak krawędzie $a_1 b_1, ab_2 1_0$ stopnia pierwszego, dążą i linie $16, b_2$, $16_1 16_0$ stopnia siedmnastego do A; proste zaś $15''_1 o$, (na planie) daléj $7\,7_0, 7_8 8_0$, jakoteż $15_{16} 16_0$, $15, 15_0$, $15_1 14_0$ zbiegają się w punkcie położonym wprawdzie na horyzoncie, lecz cokolwiek poza ramami obrazu. I u wszystkich innych stopni istnieją takie serye równoległych między sobą krawędzi, które jako poziome, do pewnych punktów horyzontu zmierzają, tylko że punkty te leżą daleko poza granicami rysunku.

Uwaga 2. Przekonać się można, że krawędzie $44_0, 4_5 5_0$ piątego, jakoteż $4_5 5_0$ dwudziestego pierwszego stopnia są liniami równoległymi do *HH*. — Czy to być musi, a jeżeli tak, dla czego?

Schody we formie, jak je tu narysowano, w budownictwie występować nie mogą, gdyż poszczególne ich stopnie stykają się wprawdzie ze sobą w krawędziach, jak $1c_1, 2d_1, 33_0$... $14, 14_0, 15, 15_0$... lecz nie wspierają jeden na drugim. Wspieranie się takie jest jednak ze względu na wytrzymałość konstrukcyi budowniczéj konieczne a pominięto je w fig. 217 tylko dla tego, aby jaśniéj i zwięźléj rzecz główną kreślenia przedstawić.

Nie wypływa stąd atoli, żeby na podanéj konstrukcyi perspekt. poprzestać, jeżeli i o b r a z głównych zasad budownictwa szczególnie tam, gdzie o zupełną poprawność nietrudno, naruszać nie powinien. W tym celu rozszerza się każdy stopień z jednéj strony tak, aby następny, znajdujący się tuż powyżéj oparcie na nim znalazł. Tak przedłużono łuki $a1$ i $a_1 1''_1$ pierwszego stopnia aż do p i n; kontur okrągłéj jego ściany stanowi teraz figura aa_1pn, a na pasie, powstałym na wierzchu tego stopnia po wykreśleniu linii $p1_0$ (w rysunku nie przedstawionéj), wspiera się sąsiedni stopień. Podobnie przedłużono ścianę okrągłą stopnia drugiego aż do qr, a pas powstały po wykreśleniu linii $r2_0$ podpiera stopień trzeci itd. Na stopniach powyżéj horyzontu widać ściany okrągłe, jak $14, 14_1, 15, 15_1$ przedłużone aż do pionowych jak kl; linie $l,15_0$ i $k,14_0$ wyznaczą z krawędziami $15,15_0$ i $15_1 14_0$ właśnie owę bryłę kamienną $15_1 15ll_1 k_1 k15_1$, o którą pierwotny stopień powiększono i która stanowi podparcie dla stopnia następującego. Tosamo u wszystkich stopni dalszych.

§. 209. S c h o d y k r ę c o n e z p o r ę c z a m i. Wykreślono je w fig. 218 z zatrzymaniem tych samych punktów: oka (A) i odstępu ($D/_3$) i przedstawiono sposobem wyłożonym wszystkie kamienie tak, jak po przedłużeniu pionowych ścian okrągłych wypadną. Pionowe linie kreskowane $np,qr...st,uv...$ $yz,ij...pn,qr...$ należałyby przeto do konturów stopni. Schody tak ułożone przedstawiają oku spoglądającemu z dołu ściany dolne, które się również na kształt stopni załamują (jak część fig. 217 nad horyzontem). Widok taki nie sprawia miłego wrażenia, z tego też powodu buduje się schody w podobnéj formie tylko wtedy, jeżeli spodu ich nie widać albo jeżeli o stronę estetyczną nie chodzi. Jeżeli zaś na schody te i z dołu spoglądać można, a charakter budynku wykończania artystycznego wymaga, to przekształca się rysunek fig. 218 w sposób następujący:

Na wszystkich liniach pionowych $np,qr...st,uv...$ przyjmujemy punkty $p_1,r_1...t_1,v_1...z_1,j_1...$ tak, aby od każdéj z tych krawędzi odcięły mniéj więcéj piątą ich część i rysujemy przez nie krótkie linijki ukośne, jak to na rysunku widać. Jeżeli teraz punkty $1''_1.p_1,r_1...t_1,v_1...z_1,j_1...p_1,r_1...t_1,v_1,x_1$ połączymy linią krzywą od ręki, to stanowi ona jeden zarys powierzchni, która schody z dołu ogranicza. Jeżeli daléj przez wszystkie owe punkty przesuniemy linie równoległe do istniejących już na rysunku prostych $ut9_0.v10_0...z13_0,j14_0...$ a to aż do przecięcia się ich z pionowymi $z_1y_1,j_1i_1...$, to linie te stanowią krawędzie poszczególnych stopni na owéj powierzchni. Widać z nich na rysunku te, które przechodzą przez punkty $t_1,v_1...z_1,j_1,l_1...$ Linia krzywa łącząca ich punkty końcowe, położone na prostych $z_1y_1,j_1i_1...$, stanowi drugi zarys dolnéj powierzchni schodów,

mianowicie jéj przecięcie się z walcem pionowym. Jest to powierzchnia wichrowata, lecz gładka bez wyskoków i wklęsłości, gdyż wszystkie poniżéj niéj występujące części kamieni — jak je kreskowanie uwidocznia — dłóto kamieniarskie odcina. Każdy w ten sposób ociosany kamień otrzymuje, jak to na drugim np. stopniu widać, u dołu część poziomą i część skośną. Pierwsza zapewnia mu oparcie na stopniu niższym, druga zaś chroni go od posunięcia się w kierunku poziomym, t. j. od ślizgania się własnym spodem po wierzchu stopnia niższego.

W fig. 218 przedstawiono jeszcze poręcz, biegnącą zarówno jak schody śrubownicowato naokoło słupa. Szerokość ich zawarta w fig. 218_a między kołami o promieniach *oa* i *ox*, które w planie perspektywicznym uwidoczniono.

Jeżeli dolna zewnętrzna krawędź *fgh*... poręczy leży o pięciokrotną wysokość kamienia powyżéj poziomych krawędzi stopni, to najlepiéj będzie celem wykreślenia jéj perspektywy wyznaczyć nasamprzód jéj rzut na bocznéj figurze pomocniczéj *FM*. Tak znaczymy tam pionowo nad wierzchołkiem a' a na prostéj *VIF* punkt f jako punkt początkowy tego rzutu. Następnie przyjmujemy na coraz wyższych liniach *VIIF*, *VIIIF*.. punkty g,h,k... tak, aby każdy leżał pionowo nad następującymi po sobie wierzchołkami. Tak leży g nad $1'_2$,h nad $2'_3$,k nad $3'_4$ itd., a zawsze o pięciokrotną wysokość stopnia wyżéj. Doszło się tak do punktów f,g,h.. p,q...y,z,i... Z nich uzyskamy krawędź dolną poręczy na rysunku fig. 218, jeżeli we wierzchołkach $a, 1_2, 2_3 ... 12_{13}, 13_{14} ... 16_{17}$... wzniesiemy linie pionowe i przetniemy je poziomymi z punktów f,g,h... figury bocznéj. Tak powstał punkt f z przecięcia się pionowéj af i poziomej ff; g z linii 1_2g i poziomej gg; ..v,w,x... z przecięcia się pionowych $13_{14}v, 14_{15}w, 15_{16}x$... i poziomych vv,ww,xx itd. Górna zewnętrzna krawędź poręczy wypadnie po odcięciu pewnéj długości, jak ff'' ponad punktami f,g,h... krawędzi dolnéj. Odcinki te przedstawiają się wprawdzie w różnych zagłębieniach cokolwiek różnie, można je jednakże bez dalszéj konstrukcyi od oka przyjąć i po ich połączeniu górną zewnętrzną krawędź otrzymać.

Do uzyskania wewnętrznych krawędzi poręczy najlepiéj posłuży koło $x'_1 f'_1 g'_1$... planu, ponad którém się właśnie krawędzie te mieszczą. Początek dolnéj, t. j. punkt f_1, leży na linii $f6_0$, do krawędzi $a1_0$ pierwszego stopnia perspekt. równoległéj, a mianowicie pionowo nad punktem f' planu. Kreśląc taksamo z punktów g,h,k,l,m,n.. s,t,u,v,w,x... linie do $7_0, 8_0 ... 12_0 ... 16_0, 1_0 ... 4_0, 5_0$, z punktów zaś planu $g'_1, h'_1, k'_1 ... v'_1, w'_1, x'_1$ proste pionowe w górę, dochodzimy w punktach przecięcia się odpowiadających sobie w tych dwóch układach prostych do punktów $g_1, h_1, k_1 ... n_1 ... s_1, t_1 ... w_1, x_1$..., przez które dolną krawędź wewnętrzną od ręki rysujemy. Nad nią można znowu górną od oka wprost wykreślić.

Uwaga. Przy rysowaniu konturów poręczy uważać szczególnie należy, aby rozróżnić części jéj dla oka widome od tych, których nie widać. Tak np. nie widać punktów $l,m,n,...$ zewnętrznéj krawędzi dolnéj ani położonych nad $s,t,u...$ punktów zewnętrznéj krawędzi górnéj; również z krawędzi wewnętrznych, mianowicie dolnéj, punktów g_1,h_1,k_1, górnéj zaś punktów położonych nad u_1,v_1,w_1,x_1,y_1.

Poręcz spoczywa na sztabach żelaznych. Leżą one pionowo nad nieznakowanymi wcale punktami planu, które zajmują środek figur $x'x'_1f'f'_1$, $f'f'_1g'_1g'$... itd.*)

XXIV.

Gzymsy.

§. 210. Dolny gzyms (cokoł) renesansowy. Profil jego widać w fig. 219ₐ we właściwéj wielkości. Po przyjęciu (fig. 219) na horyzoncie punktu A jakoteż $D/_3$ wyznaczono sposobem wiadomym punkty częściowe zbiegu $z/_3$ i $z/_{3^{90}}$ jakoteż z_{45} a wreszcie punkty dzielenia, z których T_{90} cały jeszcze na rysunku się mieści, z drugiego zaś tylko $T/_3$. Wykreślone sposobem znanym z punktu 0 proste dążące do z i z_{90} są kierunkami krawędzi i ścian gzymsowych. Na pionowéj z 0 i obu brzegach rysunku znaczymy pomocnicze podziałki, których zasadę i przeznaczenie znamy.

Jeżeli linia łamana $g_7.g_6g_6g_5..g_2g_8g_9..g_{15}$ jest perspektywicznym zarysem gzymsu w planie, to wypada przedewszystkiém nakreślić przez wszystkie jego wierzchołki linie przekątne. Wprost narysować można te, które z punktów $g_6,g_5,g_2,g_8,g_9,g_{10},g_{11}$ do z_{45} dążą. Dla otrzymania reszty postępujemy tak, jak w fig. 175—178, t. j. dzielimy krawędzie g_6g_6, g_2g_3, $g_{11}g_{12}$ w punktach p,l,q na połowy i kreślimy przez p i l linie do z_{90}, przez q zaś do z. Z punktów 2 (na pz_{90}), 1 (na lz_{90}) i $5,4,3$ (na qz) wychodzą przekątne do wierzchołków $g_6,g_3,g_4,g_{12},g_{13},g_{14}$. Dążą one wszystkie do drugiego punktu z^I_{45} (§. 187). Dla g_{15} otrzymamy ją przez przedłużenie krawędzi $g'_{15}g_{15}$ aż do r na g_8g_9, wykreślenie linii rz_{45} aż do 6 na qz i połączenie punktu 6 z g_{15}. Po uzyskaniu przekątnych najlepiéj przystąpić tu wprost do rysunku figury w załomie, np. nad przekątną g_2z_{45}, lecz sposobem innym nieco, niż w perspektywie prostéj. Wykreślimy do tego linią g_2g_3 (w któréj przedłużeniu leży także punkt g_7) aż do g na PP i przeniesiemy tu punkty c',b',h z fig. 219ₐ. Proste łą-

---

*) Podobny przykład kręconych schodów z poręczami nieźle wykonany znachodzi się w książce »J. Uredeman Friese, augmentée et corrigée par Samuel Marolois 1615«, a mianowicie na tabl. 35. Tekst do tego dość przecież trudnego przykładu mieści się w 22 wierszach. Jest to wadą większéj części dzieł nietylko owego czasu ale i późniejszych w 18 stuleciu, że do dobrze wykonanych rysunków bardzo szczupłe tylko są objaśnienia.

czące je z T_{90} dadzą na gz_{90} punkty c'_1,b'_1,h_1, a wykreślone stąd linie do z na przekątnéj g_2z_{45} punkty g_2,c'_2,b'_2,a'_2, nad którymi odpowiednie wierzchołki przekroju w załomie mieścić się muszą. Aby je otrzymać, przenosimy na pionową gw punkty g,f,d'',c'',b'' z fig. 219a i rysujemy z nich proste do z, które na pionowéj g_2w_2 odetną takęsamę jak na gw podziałkę. Łatwo teraz pojąć, że podobnie jak oba układy pionowych i poziomych prostych w fig. 219a przetną się w dotyczących wierzchołkach profilu *fdcba*, taksamo i obydwa układy prostych nad przekątną g_2z_{45}, t. j. pionowe z punktów g_2,c'_2,b'_2,a'_2 i poziome z f'',d'',c'',b'' do z_{45} dążące, wyznaczą razem szukany przekrój $g_2f_2d_2c_2b_2a_2$ w załomie. Z niego dochodzimy do przekroju nad przekątną wierzchołka g_3 przez przedłużenie wykreślonych poprzednio prostych $c'_1c'_2,b'_1b'_2,h_1a'_2$ aż do c'_3,b'_3.. téjże przekątnéj i wzniesienie w nich linij pionowych, które z odpowiednimi z punktów f_2,d_2,c_2,b_2,a_2 do z dążącymi prostymi drugi ten przekrój wyznaczą.

W dalszym ciągu kreśli się przez otrzymane w ostatku punkty g_3,c'_3,b'_3 proste do z_{90} aż do przecięcia się z przekątną $g_4 1$. Powstaną tam punkty $g_4,c'_4,..a'_4$; pionowo nad nimi leżą w prostych, które z wierzchołków $f_3..b_3,a_3$ do z_{90} dążą, punkty f_4,d_4,c_4,b_4,a_4 przekroju nad przekątną $g_4 1$. Jakkolwiek przekroju tego nie widać, mimo to wyznaczono miejsce jego wierzchołków, a to w celu otrzymania z nich przekroju nad przekątną g_5z_{45}. Tegoż wierzchołki $f_5,..c_5,b_5,a_5$ leżą na krawędziach gzymsu dążących z $f_4..b_4,a_4$ do z i pionowo nad tymi punktami przekątnéj g_5z_{45}, w których się ona z liniami z g_4, $c'_4,..a'_4$ do z wykreślonymi przetnie. W podobny sposób uzyskano przekroje nad przekątnymi $g_6 2,g_6 2$. Krawędzie jak $g_7,..a_7$ są przedłużeniami krawędzi $g_2g_3,..a_2a_3$. Nieinaczéj postąpi się przy szukaniu przekrojów nad przekątnymi g_8z_{45},g_9z_{45}... itd.

Przekrój nad przekątną $g_{15}6$, potrzebny do wykreślenia krawędzi $a_{15},c_{15},..g_{15}$, otrzymuje się z poprzedzającego, położonego nad przekątną $g_{14}5$, sposobem zwyczajnym. Z wierzchołków $f_{15},c_{15},b_{15},a_{15}$ wychodzą krawędzie $f_{15},c_{15},b_{15},a_{15}$; dążą one do z_{90} i nie są przedłużeniami żadnych z poprzód otrzymanych. Niewidocznego nad $g_{13}4$ przekroju nie potrzeba było w tym wypadku rysować, gdyż krawędzie z niego wychodzące a kończące się w punktach $f_{14}..b_{14},a_{14}$ są przedłużeniami krawędzi $g_9g_{10},b_9b_{10},a_9a_{10}$.

Należy jeszcze zwrócić uwagę na poprawne kreślenie krzywych łączących punkty b i c. Muszą one w punktach b stykać się z pionową, w punktach zaś c z prostą, równoległą do przekątnéj, jak w fig. 175—178. Łuk b_2c_2 styka się zatem w c_2 z linią c_2x_2, dążącą do z_{45}, taksamo łuki b_5c_5,b_8c_8,b_9c_9.. z liniami c_5x_5,c_8x_8,c_9x_9.., które do tegosamego punktu zmierzają. W punktach jak c_6 (nad przekątną $g_6 2$), c_{12},c_{14} kreśli się styczne te

$c_6x_6, c_{12}x_{12}, c_{14}x_{14}$ od oka równolegle do przekątnych $g_6 2$, $g_{14} 5$, poczem łuki dadzą się dokładnie naznaczyć *).

§. 211. Renesansowy gzyms górny. Narysowano go (dla tegosamego punktu i odstępu oka) w fig. 220. Linia łamana $p_6 p_5 . p_3 p_2 p_7 p_8 p_9 . p_{10}$ przedstawia obwód muru, a więc dolne krawędzie gzymsu, którego profil we właściwéj wielkości widać w fig. 220_a. Wierzchołek p_2 leży pionowo nad punktem a'_2 planu tak, że chcąc otrzymać punkt p znajdujący się na tle, trzeba tylko prostą a'_2z aż do P na PP przedłużyć i wystawić tu pionową, która na przedłużeniu krawędzi p_2p_3z szukany punkt p odetnie. Wzniesionéj tu pionowéj nadajemy długość pa z fig. 220_a. Dla łatwiejszéj zrozumiałości rysunku dalszego wykonamy konstrukcyą przeważnie powyżéj figury głównéj, przyjmując ponad a w dowolnéj wysokości linią $a'b'$. Wykreślona z punktu a' prosta do z przecina krawędzie pionowe wierzchołków p_2 i p_3 w punktach a'_2 i a'_3. Linia z a'_2 do z_{90} wyznaczy na pionowéj wierzchołka p_7 wierzchołek a'_7 a dążąca stąd do z prosta na pionowéj punktu p_8 wierzchołek a'_8 itd. Postąpiwszy taksamo wychodząc z punktu a'_3 otrzymamy wreszcie figurę $a'_6a'_5...a'_7a'_8..$, położoną właśnie o wysokość aa' ponad wierzchną płaszczyzną gzymsu (przedstawioną punktem a_2 i liniami a_2z i a_2z_{90}). Figura ta ma tu znaczenie zupełnie takie, jak figura $a'_6a'_5...a'_8a'_9..$ na pł. podstawowéj. Kreślimy przeto w jéj wierzchołkach przekątne, z których jedne, mianowicie z punktów $a'_2, a'_5, a'_6, a'_7, a'_8$ dążą do z_{45} reszta zaś przechodzi przez a'_3, a'_4, a'_9 do z^I_{45}. Uzyskamy je (jak np. przez a'_9) połowiąc długość $a'_8a'_9$ w punkcie r i kreśląc z niego linią do z, która przetnie przekątną wierzchołka a'_8 w punkcie 1, skąd przekątna $1a'_9$ wychodzi.

Chcąc teraz, jak w fig. poprzedniéj, dojść do przekroju w załomie, przenosimy na linią $a'b'$ punkty b', d', g', h', k', l' z fig. 220_a. Proste łączące je z T_{90} wyznaczą na $a'z_{90}$ punkty $b'_1, d'_1, g'_1, h'_1, k'_1, l'_1$ a poprowadzone stąd linie do z, na przekątnéj a'_2z_{45} punkty $b'_2, d'_2 . g'_2, h'_2, k'_2, l'_2$, pod którymi odpowiednie wierzchołki przekroju w załomie znajdują się. Aby je ostatecznie uzyskać, przenosimy na pionową ap punkty $c'', d'', f'', g'', h'', l''$ z fig. 220_a

---

*) Sposób, za pomocą którego doszło się do przekroju w załomie nad przekątną g_2z_{45}, różniący się od sposobu perspektywy prostéj, prowadzi rychléj niż tamten do celu. Możebność wprowadzenia go polega na tém, że punkt z_{45} mieści się w perspektywie skośnéj prawie zawsze w obrębie rysunku, odpowiadający mu zaś w perspektywie prostéj punkt D nigdy. Sposobu tego używa Adhémar »Traité de Perspective« etc., str. 217 ale w formie mniéj dogodnéj, bo dużo zawilszéj. Inni autorowie, między nimi i Schreiber, zastosowują sposób, wyłożony w perspektywie prostéj, i do skośnéj, przez co jednak rzecz się niepotrzebnie wikła.

Gdyby przekątna g_2z_{45} zbyt bliską była kierunku pionowego, jak np. g_9z_{45} lub $g_{10}z_{45}$, przezcoby oczywiście dokładny rysunek był niemożebny, to należy konstrukcyi, zamiast nad g_2z_{45} dokonać nad inną, dogodniéj położoną przekątną, jak np. nad g_6z_{45}; sposób postępowania nie zmienia się ani na jotę.

i rysujemy z nich proste do z, które na pionowéj p_2a_2 odetną takęsamę jak na pa podziałkę. Obydwa układy prostych pod przekątną a'_2z_{45}, t. j. pionowe z punktów $b'_2, d'_2, g'_2, .. l'_2$ i poziome z $c'', d'', f'' .. l''$ do z_{45} wyznaczą, jak w fig. 219, szukany przekrój $b_2c_2d_2 ... l_2 . p_2$ w załomie. Z niego dochodzimy do przekrojów dalszych w sposób wiadomy (p. rysunek). Co się tyczy rysowania krzywych cdf, to trzeba je znowu nakreślić od ręki tak, aby w punktach c i f stykały się z liniami, które równolegle do przekątnych biegną. Tak styka się krzywa $c_2d_2f_2$ w c_2 i f_2 z liniami c_2y_2 i f_2x_2 dążącymi do z_{45}; krzywa zaś $c_3d_3f_3$ w c_3 i f_3 z prostymi c_3y_3 i f_3x_3 równoległymi do przekątnéj $b'_3a'_3$.

§. 212. Gzyms renesansowy z kroksztynami. Przedstawia go fig. 221. W fig. 221_a widać plan geometryczny; występują tam z muru głównego dwa filary; w narożach pomiędzy nimi a murem głównym umieszczono kroksztyny według rysunku. Fig. 221_b przedstawia profil gzymsu *abcdfrstlopq* wraz z zarysem kroksztynu *ghijktsr*, który główną część gzymsu podpiera.

Po wyrysowaniu w perspektywie linii łamanéj $qq_1q_2 .. q_6q_7$ (odpowiadającéj zarysowi muru w planie geom.) przeniesiono wymiar qu z fig. 221_b do qu figury główněj *) i wykreślono przez u przekątną, która dążyć ma do punktu z_{45} **). Następnie wyszukuje się sposobem wiadomym z pomiędzy przekrojów w załomach tego, który leży pionowo pod przekątną a_1u, uważając przytem i zarys kroksztynu za część profilu gzymsowego. Uzyskawszy tak przekrój $a_1bcdf_1ghijklopq$ można położoną nad kroksztynem część gzymsu a_1bcdf_1 i znajdującą się pod nim

---

*) Profil fig. 221_b nie jest w tym wypadku wielkością profilu gzymsowego rzeczywistą, lecz zmierzoną w zagłębieniu linii qu rysunku głównego.

**) Ponieważ jednak na horyzoncie dla bliskości całego punktu z mieści się tylko punkt $z/_{2\,45}$, to wykreślenie téj przekątnéj nie może nastąpić wprost, lecz tylko drogą pośrednią, a to sposobem wiadomym. Dzieli się mianowicie odległość Au w punkcie $u/_2$ na połowę i kreśli prostą $u/_2z/_{2\,45}$; geometrycznie do niéj równoległa, poprowadzona przez u linia ua_1 jest już żądaną przekątną. Ponieważ takich, do niedostępnego punktu z_{45} zmierzających przekątnych jest wiele do wykreślenia, urządzamy pomocnicze podziałki pionowe, jak to się dotąd dla punktów z i z_{90} działo. Przedłużywszy w tym celu przekątną ua_1 aż do punktu *1* poza prawy brzeg rysunku, podzielono pionową, spuszczoną stąd do horyzontu, na 12 części; podobnie i prostą, która przez punkt *1* (znajdujący się w pobliżu wierzchołka a_1) przechodzi. Obie te podziałki umożebniają kreślenie linij do z_{45}.

Ponieważ położony po lewéj stronie punktu A punkt zbiegu z mieści się sam na rysunku, to drugi z_{90} bardzo daleko poza jego obrębem wypadnie. Istotnie znajduje się nawet ósma część jego, t. j $z/_{8\,90}$ już nieco poza ramą obrazu. Że zaś mnóstwo krawędzi gzymsowych do z_{90} dąży, to potrzeba dla nich znowu urządzić pomocnicze podziałki. W tym celu przyjęto na prostéj, która z u do z_{90} zmierza, w dowolném miejscu w lewéj połowie rysunku punkt *12* i podzielono odstęp między nim a horyzontem na dwanaście równych części; podobnie i odstęp między punktem *12* (w którym tasama prosta prawy brzeg obrazu przetnie) i horyzontem.

lopq naokoło całego muru sposobem znanym konstrukcyjnie otrzymać, poczem rozchodzi się o sposób łatwego i dogodnego kreślenia kroksztynów samych.

W tym celu rysujemy nasamprzód przez wierzchołek f_1 wyznaczonego przekroju przekątną do z_{45}*) i znaczymy na niéj punkt n_1, w którym się ona z pionową *kl* przetnie. Punkt ten odpowiada punktowi *n* fig. 221_b. Przekątna idąca przez wierzchołki *h,i* pierwszego przekroju odetnie na linii kn_1 punkt *t*. W prostéj *kt* poznać łatwo krawędź wspólną pionowym ścianom dwóch kroksztynów, stojących prostopadle do siebie. W liniach, które dążą z punktów *g,h,i,j,k* (pierwszego przekroju) do punktu zbiegu z_{90}**) mieszczą się już krawędzie poziome kroksztynów i nakrywających je gzymsików. Potrzeba zatem tylko po wykreśleniu tych linij narysować z punktu zbiegu *z* prostą *zt* aż do i_1 na linii ii_1z_{90} a stąd pionową w dół aż do przecięcia się z prostą jj_1z_{90}. Po wyznaczeniu krzywéj j_1k od ręki (stosownie do fig. 221_b) otrzyma się w figurze ti_1j_1k kontur pionowéj ściany tego kroksztynu. Na téjsaméj zasadzie rysujemy z punktów *g,h,i,j,k* pierwszego przekroju linie do punktu zbiegu *z* i kreślimy następnie przez punkt *t* linią do z_{90} aż do punktu i_2 linii *iz*. Pionowa z niego wyznaczy na prostéj *jz* punkt j_2 tak, że po narysowaniu krzywéj j_2k od ręki powstanie kontur ti_2j_2k pionowéj ściany kroksztynu drugiego.

Wypadnie teraz na linii ii_1z_{90} odciąć grubość i_1i_1 kroksztynu. Równa się ona tu połowie jego długości ti_1. Z uwagi, że czworobok i_1ii_2t jest kwadratem, a więc $ti_1 = ii_1$, potrzeba tylko, co łatwo, wyznaczyć i_1i_1 tak, aby wymiar ten równał się połowie ii_1. Po otrzymaniu téj grubości kreśli się pionową i_1j_1 i drugą krzywą j_1k_1 od ręki. Taksamo odcinamy i_2i_2 jako połowę ii_2 i kreślimy i_2j_2 a następnie od ręki krzywą j_2k_2. Uzyskano tak pierwsze dwa narożne kroksztyny. Aby otrzymać dalszy po prawéj stronie, wypada długości i_1i_1 między kroksztynami nadać wymiar podwójnéj ich grubości czyli wymiar ii_1, wykreślić linią i_1z aż do prostéj tt_1 (jest ona przedłużeniem prostéj i_2t), następnie pionowe t_1k_1 i i_1j_1 i łuk j_1k_1 od ręki. Po ponownem odcięciu grubości i_1i_1 i powtórzeniu dotyczącéj konstrukcyi uzyskuje się kroksztyn następny i inne ile ich widać.

W takisam sposób dochodzimy do kroksztynu zagłębiającego się ku lewéj stronie. Powstanie on z odcięcia tak odstępu i_2i_2 między kroksztynami***) jakoteż ich grubości, wykreślenia z i_2i_2 pionowych linij i_2j_2, i_2j_2, daléj t_2k_2 i wyrysowania w końcu krzywych j_2k_2, j_2k_2 od ręki.

Dla ułatwienia rysunku kroksztynów we wklęsłém narożu

*) Mieści się ona stosownie między punktami *2* i *3* obu podziałek pośredniczących w kreśleniu przekątnych.

**) Kreślimy je za pomocą służących do tego podziałek pionowych.

***) Równającego się perspektywicznéj długości i_2i.

przy q_1 i innych dobrze będzie powykreślać przedewszystkiém przez wszystkie wierzchołki f_2, f_3, f_4.. przekątne do punktów z_{45}, jak to w rysunku widać *). Linia dążąca teraz z n_1 do z odetnie na przekątnéj punktu f_2 punkt n_2, stąd do z_{90} idąca na przekątnéj f_3 punkt n_3, prosta n_3z na f_4m punkt n_4 itd. Wszystkie te punkty n_2, n_3, n_4.. wyznaczają, jak punkt n_1, krawędzie przecięcia się w narożach ścian, z których kroksztyny wyrastają. Tak przecinają się obydwa kroksztyny $t_3i_3j_3k_3$ i $t_3i_4j_4k_3$ w krawędzi t_3k_3 poniżéj n_3, podobnie jak pierwsze dwa w prostéj tk poniżéj n_1. Kreśląc zatem prostą zt_3, należałoby tylko nadać jéj długość ti_1 kroksztynu pierwszego. Można to dogodnie uczynić sposobem pośrednim. Przedłużona bowiem krawędź ji w uzyskanym najsampierw pod przekątną a_1u przekroju wyznaczy na przekątnéj f_1u_1 punkt *2*. Prosta z niego do z odetnie na przekątnéj f_2u_2 inny punkt *2*, pod którym wypaść musi otrzymana już poprzednio krawędź i_2j_2**), którą zatem z wielką dokładnością uzyskać można. Wykreślona z jéj punktu i_2 prosta i_2i_3 do z_{90} przetnie się z prostą z_3t_3 w szukanym punkcie i_3. Pionowo pod nim na linii j_2z_{90} znajduje się j_3. Krzywe j_3k_3 rysuje się w końcu od ręki.

Kroksztyn $t_3k_3j_4i_4$ powstał z $t_3k_3j_3i_3$ wedle rysunku tak, jak tki_2j_2 z pierwszego tki_1j_1. Wszystkie dalsze otrzymamy przez kolejne naprzemian odcinanie pojedynczéj i podwójnéj ich grubości i powtarzanie konstrukcyi. Liczymy ich na wyskakujących filarach (fig. 221a) siedm, na murze zaś między filarami dziesięć.

Kreślenie gzymsików ponad kroksztynami rozpoczynamy jak poprzód od naroża pierwszego na kroksztynach tki_1j_1 i tki_2j_2, a to na podstawie zasad, według których gzymsy w ogóle rysowano. Wznosimy więc w punkcie h w przekroju pod przekątną a_1u pionową aż do *1* na przekątnéj f_1n_1 i kreślimy z jéj punktów *2*,*1*,g linie do z_{90}. Pionowe krawędzie i_1j_1 kroksztynu pierwszego, które krawędzi ij narożnego przekroju odpowiadają, przetną linią przez *2* (przekątnéj f_1n_1) przechodzącą w punktach *2*,*2*. Przez nie rysujemy przekątne, pod którymi leżeć muszą przekroje narożne szukanych gzymsików. Jednę z tych przekątnych, mianowicie tę, która dąży do z_{45}, można za pomocą odnośnych podziałek zaraz otrzymać; drugą uzyskujemy, jak zawsze, przez przepołowienie długości *22* w punkcie x i narysowanie linii xz, która na przekątnéj pierwszéj wyznaczy punkt o. Łącząca go z drugim punktem *2* linia jest szukaną drugą przekątną. Przetną się one obie z wykreślonymi poprzód liniami (dążącymi z punktów g i *1* linii f_1n_1 do z_{90}) w punktach

---

*) Przekątną przez f_4 otrzymuje się za pomocą punktu m, leżącego w przecięciu się przekątnéj wierzchołka f_3 z linią, która przez punkt x' (połowi on długość f_3f_4) do z_{90} dąży.

**) Gdyby tak nie było, to należy rysunek poprawić, gdyż to być musi.

g_1, g_1 i *1,1*. Linia $g_1 g_1$ jest już jedną krawędzią gzymsu krokstynowego, drugą jest linia $h_1 h_1$, mieszcząca się na prostéj, która z wierzchołka h narożnego przekroju do z_{90} zmierza; łączy ona punkty h_1, h_1, pionowo pod *1,1* położone. Zamknięte pomiędzy wierzchołkami g_1 i h_1 krzywe $g_1 h_1$ rysujemy według fig. 221_b tak, aby się z pionowymi tychże wierzchołków stykały.

Podobnie otrzymamy gzyms nad krokstynem $tki_2 j_2$. Na linii, która łączy punkt *2* pierwszego przekroju z punktem z, znajdują się pionowo nad krawędziami $i_2 j_2$ punkty *2,2*. Z nich wychodzą znowu przekątne w narożach tego krokstynu, z których jedna dąży do z_{45}; drugą uzyskamy tak, jak przy krokstynie $tki_1 j_1$, szukając jak tam punktu o *). Proste z punktów g i *1* linii $f_1 n_1$ do z wyznaczą na nakreślonych dopiero przekątnych *o2,o2* punkty g_2, g_2 i *1,1*. Krawędź $g_2 g_2$ jest już krawędzią gzymsową krokstynu drugiego, krawędź zaś hh leży poniżéj linii *11* na prostéj, która z punktu h pierwszego naroża do z dąży. Krzywe $g_2 h$ rysuje się jak przedtem od ręki. Nie inaczéj się postępuje przy szukaniu gzymsów nad krokstynami innymi.

§. 213. S z c z y t y u m i e s z c z o n e n a d f i l a r a m i; profil ich jest tensam co najwyższych części gzymsu.

Po otrzymaniu przekrojów gzymsowych $a_3 b_3 c_3 d_3 f_3$ i $a_4 \ldots f_4$ przyjęto górną krawędź szczytu z kierunkiem $a_3 w$. Przetnie ona wzniesioną w punkcie zbiegu z linią pionową w punkcie $+z$ (§. 18, fig. 24). W nim jako punkcie nad horyzontem zbiegać się mogą tylko linie dążące w górę czyli wznoszące się (§. 11), a taką jest właśnie krawędź $a_3 w$ szczytu. Linia stanowiąca kontur szczytu z drugiéj strony jest wtedy z natury rzeczy linią spadającą (§. 11) a mianowicie spada o tyle, o ile się pierwsza wznosi, z czego wynika, że punkt jéj zbiegu $(-z)$, położony również na linii $+zz$, mieści się poniżéj horyzontu o tyle, o ile $+z$ powyżéj. Że się zaś punktu tego z braku miejsca już na rysunku nie ma, to dochodzimy do téj linii drogą pośrednią sposobem wiadomym**). Obie proste $+za_3$ i $-za_4$ przetną się w punkcie w, który wypadnie pionowo nad w' połowiącym długość $a_4 a_3$.

Krawędzie profilowanego szczytu wychodzą z punktów przekroju $a_3 b_3 c_3 d_3 f_3$, wszystkie do $+z$. Odpowiadające im a dą-

---

*) albo też przez wykreślenie z poprzedniego punktu o linii do z_{90} aż do przecięcia się z przekątną $f_1 n_1$ w punkcie o_1 i poprowadzenie linii $o_1 z$ aż do o w przekątnéj $2z_{45}$.

**) Na horyzoncie znaczy się $z/_3$, na liniach Aa_3 i Aa_4 punkty $a^3/_3$ i $a^4/_3$. Linie za_3 i $z/_3 a^3/_3$ są geom. równoległe. Łącząca A i $+z$ prosta wyznaczy na pionowéj punktu $z/_3$ punkt $+z/_3$. Proste $+za_3$ i $+z/_3 a^3/_3$ są znowu geom. równoległe. Poniżéj horyzontu mieści się na $+z/_3 z/_3$ punkt $-z/_3$ tak, że $+z/_3 z/_3 = -z/_3 z/_3$. Linia $-z/_3 a^4/_3$ musi teraz być równoległą do $-za_4$; można przeto prostą $-za_4$ przez a_4 do linii $-z/_3 a^4/_3$ geom. równolegle nakreślić.

żące do $-z$ możnaby teraz otrzymać albo za pośrednictwem figury pomocniczéj taksamo jak a_4w, albo też sposobem następującym: Rysujemy w $w'.y'.x'$ profil gzymsu (punkty te połowią długości a_3a_4, c_3c_4, f_3f_4), a następnie przez a_3, b_3, c_3, d_3 linie do $+z$ aż do pionowych wystawionych w w' i y'. Pionowo nad w' otrzyma się tak punkty w i v, nad y' zaś x i p. Przyjmując py (dąży do z_{90}) jako głębokość wcięcia szczytu, rysuje się linią zy do $-z$ (podobnie jak $-za_4$) i kreśli następnie dwie dowolne a geometrycznie równoległe proste $15, 15$, które się z liniami $-zw$ i $-zy$ przecinają. Dzieląc długość tych prostych w punktach $1,2,3,4,5$ na pięć równych części (może być i inna ilość), uzyskuje się tak dwie podziałki, w które dążące z punktów w,v,x,p,y do $-z$ proste stosownie się wmieszczają. Przechodzą one przez odpowiednie punkty przekroju $a_4.c_4.f_4$.

W tensam sposób narysowano nad filarem głębiéj położonym szczyt drugi. Krawędź jego a_7w_1 wznosi się i dąży także do $+z$, a to dla tego, że jest do krawędzi a_3w szczytu pierwszego równoległą. Krawędź a_8w_1 spadającą, a więc dążącą do $-z$, otrzymano, jak na małéj figurze pomocniczéj widać, tak jak poprzód a_4w.

Porównując wznoszące się krawędzie obu szczytów, a więc linie a_3w i a_7w_1, widzimy uderzającą w ich rysunku różnicę. Druga z nich, a_7w_1, wznosi się i w rysunku w górę, pierwsza, a_3w, s p a d a w rysunku, gdyż punkt $+z$, do którego dąży, leży niżéj od punktu a_3. Mimo to prosta ta s p r a w i a w rysunku wrażenie linii w z n o s z ą c é j się. Jest to jowialność perspektywy tém ciekawsza, że sprawia w ogólności miłe wrażenie*).

XXV.

Profilowane łuki.

§ 214. Łuk o k r ą g ł y**). Przedstawia go fig. 222. W fig. 222_a widać normalny przekrój łuku a w nim kształt profilu. Linia op jest osią symetryi tak, że wymiary $oa, ob, qd..pk$ są promieniami występujących tu kół, które się razem na profilowany ów łuk składają.

Przyjąwszy na horyzoncie w środku obrazu punkt oka A, daléj punkt $D/_4$ niemniéj kierunek RU na pł. podstawowéj jako kierunek jednego z ramieni występującego tu kąta prostego, znajdujemy na horyzoncie w sposób wiadomy punkty $z/_{60°}$, z_{45} i $z/_3$ jakoteż T_{90}. Po wynalezieniu następnie drugiego ramienia RS perspekt. kąta prostego, urządzamy na pionowéj

*) Schreiber w swojéj »Linien-Perspective« nazywa to na str. 156: »Humor der Perspective.« Jak przedstawiają się w tym wypadku obie, w §. 179 ocenione definicye perspektywy?

**) Wyjęty z Adhémara »Traité de Perspective etc.«

punktu R jakoteż na obu krawędziach obrazu pomocnicze podziałki.

Po obraniu na pł. podstawowéj w linii RU punktu a, który odpowiada wierzchołkowi a figury 222_a, rysujemy, z niego wychodząc, plan perspektywiczny, t. j. perspektywę figury *abc...hkl*, a to po obu stronach osi sklepienia *op*, która znakowanéj taksamo linii w fig. 222_a odpowiada. Wymiary profilu w téj figurze odnosić się mają do zagłębienia wierzchołka a planu perspekt. tak, że wymiary te (jak np. odcinki na krawędzi *lk*), t. j. długości *l1,l2..lk* przeniesiono na poziomą *am* do *a1, a2 .. a5*. Z połączenia punktów *1,2...5* z punktem T_{90} wypadną na prostéj RU odpowiadające poprzednim odcinki perspektywiczne. Odciąwszy w ten sposób jeszcze długość *ao*, a następnie po drugiéj stronie punktu o w perspektywie i długość promienia *ao* i wszystkie inne wymiary, dochodzi się do perspekt. planu, jak go w fig. 222 widać.

Teraz przyjmujemy w stosownéj (dowolnéj lub danéj) wysokości pionowo nad punktem o planu punkt o, który będzie środkiem największego łuku o promieniu *ao*. Przez środek ten rysujemy średnicę koła do z_{90}, a na niéj pionowo nad punktami a,a planu punkty a,a. Długość *aa* jest perspekt. średnicą koła, które w sposób wiadomy wykreśla się*). Następnie znaczymy oś *op* łuku (dążącą do z), a na niéj pionowo nad punktem p planu punkt p. Jest on środkiem kół o promieniach *pl* i *pk*, które się nad linią *ll* wznoszą. Kreślimy je w perspektywie tak, jak poprzód koło aa_0a. Na kole o średnicy *ll* uwidoczniono punkty $l,l_1..l_6,l$, otrzymane albo wprost (jak punkty $a_1...a_6$ na kole aa_0a) albo też przez wykreślenie prostych, które z punktów $a,a_1..a_6,a$ koła aa_0a do z dążą. Linie te $al,a_1l_1..a_6l_6,al$ są stosugami łożyskowymi składających się na łuk kamieni, proste zaś l_1k_1,l_2k_2.., które z punktów $l,l_1,..l_6,l$ do p idą, ich stosugami spojenia.

Możemy obecnie przystąpić wprost do rysunku profilów na każdym z poszczególnych kamieni, których położenia wykreślone już stosugi a_1l_1,l_1k_1, a_2l_2,l_2k_2, a_3l_3,l_3k_3... z dostateczną wyrazistością przedstawiają. Sposób postępowania okazuje się na planie geom. 222_a. Widać tu, że wierzchołki profilu *abcdfghk*

---

*) Dogodniéj tu będzie konstrukcyi téj tak dokonać: Po wykreśleniu z punktu T_{90} linij przez końce średnicy *aa* otrzymamy na pozioméj przez środek jéj o przechodzącéj punkty a',a''. Linia $a'a''$ jest średnicą geometrycznego w głębokości o przedstawionego koła, które cyrklem zatoczono. Na niém obrano siedm punktów w równych odstępach (ilość kamieni w łuku musi być nieparzystą) i wyznaczono je w perspektywie. Tak np. przecina cięciwa pozioma *25* promień pionowy oa_0 w punkcie *II*, z niego wychodzi cięciwa perspektywiczna do z_{90}. Na niéj wyznaczą linie, z *2* i *5* koła geom. do T_{90} dążące, punkty a_2 i a_5, które już należą do koła perspektywicznego. Otrzymano tak i inne punkty jego obwodu i wykreślono je od ręki stycznie do prostéj, która przez punkt a_0 do z_{90} dąży.

powstają (jak w figurach 219 i 220) jako punkty przecięcia się dwóch układów prostych; jedne wychodzą z punktów *6,7,8,9* (linii *al*) i są równoległe do *lk*, drugie z *1,2,3,4* (linii *lk*) równoległe do *al*. W perspektywie otrzymamy zatem wierzchołki te, jeżeli na narysowanych już krawędziach *al* i *lk* wszystkich kamieni wyznaczymy punkty, odpowiadające punktom *6,7,8,9* i *1,2,3,4* planu geometrycznego, i przez nie owe dwa układy równoległych do *lk* i *al* prostych przesuniemy.

Wykreśleń tych dokonano na kamieniach $a_2l_2k_2$ i $a_6l_6k_6$, a to rozpoczynając od krawędzi a_2l_2. Najlepiéj tu będzie nasamprzód wyznaczyć na liniach *al*, *al* planu perspekt. według danych wymiarów planu geom. punkty *9,8,7,6* tak, aby znakowanym taksamo punktom fig. 222_a odpowiadały, czyli, co na tosamo wychodzi, podzielić perspektywiczną długość *al* (z prawéj strony) na odcinki pozostające w tymsamym do siebie stosunku, co odcinki zawarte między punktami *l,6,7,8,9,a* na prostéj *al* w planie geometrycznym. Do tego rysuje się przez *a* i *l* linie do *A*; przecinają one linią podstawową *PP* w punktach *A* i *L*. Z *A* spuszczono pionową *AM*, na którą w punktach *9,8,7,6,M* przeniesiono podziałkę z krawędzi *al* fig. 222_a. Następnie wykreśla się prostą *ML*, a do niéj przez punkty *6,7,8,9* linie geometrycznie równoległe, które na *AL* odetną punkty $6_1,7_1,8_1,9_1$ tak, że długość ta (*AL*) podzieloną jest w tymsamym stosunku, co *AM* (§. 67). Perspektywiczny takiż podział wypadnie w punktach *9,8,7,6* na linii *al* po wykreśleniu prostych zmierzających z punktów $9_1,8_1,7_1,6_1$ do *A* (§. 68). Aby tosamo i na linii *al* z lewéj strony uzyskać, potrzeba tylko przez otrzymane w ostatku na *al* punkty narysować proste do z_{90}, t. j. proste *99,88,77,66*.

Spuszczamy teraz z punktów a_2 i l_2 kamienia drugiego linie pionowe aż do punktów a'_2 i l'_2 (na prostych *aa* i *ll* persp. planu). Łącząca te punkty linia $a'_2l'_2$ dąży do *z* i mieści się oczywiście pionowo pod krawędzią a_2l_2 drugiego kamienia. Wyznaczy ona na otrzymanych poprzednio na planie liniach *99...66* punkty $9'_2,8'_2,7'_2,6'_2$*). Pionowe w nich odetną na stosudze a_2l_2 punkty $9_2,8_2,7_2,6_2$, które dzielą ją w tymsamym stosunku, jak punkty *9,8,7,6* linią *al* w planie geometrycznym. Podobnie wyznaczono na planie perspektywicznym, pionowo pod stosugą a_6l_6 kamienia szóstego, linią $a'_6l'_6$ i znaleziono na niéj punkty $9'_6,8'_6,7'_6,6'_6$**). Pionowe w nich dadzą na krawędzi a_6l_6 punkty $9_6,8_6,7_6,6_6$ takiéjsaméj jak poprzód podziałki. Nieinaczéj postępuje się ze stosugami kamieni innych. Pionowo pod nimi mieszczące się linie na planie (jak $a'_3l'_3$, $a'_4l'_4$...) uwidoczniono w rysunku wszystkie.

---

*) Na rysunku znakowano dla szczupłości miejsca tylko punkt $8'_2$.
**) Dla braku miejsca znakowano tylko $6'_6$.

Wychodzące z punktów $9_2, 8_2, 7_2, 6_2$ na stosudze $a_2 l_2$ (względnie $9_6, 8_6, 7_6, 6_6$ na stosudze $a_6 l_6$) proste równoległe do $l_2 k_2$ (względnie $l_6 k_6$) leżą, jak łatwo zrozumieć, nad liniami *99*, *88*, *77*, *66* planu perspektywicznego. Jeżeli zatem w celu otrzymania tych do $l_2 k_2$ równoległych prostych wyznaczymy punkty przecięcia się linij planu z prostą *op*, t. j. punkty *i*,*j*,*r*,*t* i wzniesiemy w nich pionowe aż do punktów *i*,*j*,*r*,*t* osi *op* sklepienia, to linie, które łączą punkt *i* z punktami 9_2 i 9_6, należą już do rzędu szukanych i mieszczą się pionowo ponad linią *99* planu. Podobnie ma się rzecz z liniami $j8_2, j8_6$; $r7_2, r7_6$; $t6_2, t6_6$, które leżą pionowo ponad liniami *88*,*77*,*66* planu. Jeden zatem układ linij, ten, który odpowiada prostym *lk*,*6h*,*7g*,*8d*,*9c*,*ab* planu geometrycznego, tak właśnie otrzymano. Aby dojść do drugiego trzeba proste $l_2 k_2, l_6 k_6$ w takim podzielić stosunku jak *lk* w planie geometrycznym. Sprawa staje się tu o tyle trudniejszą, że wszystkie linie $l_2 k_2 .. l_6 k_6$ są jako stosugi spojenia liniami ukośnymi a nie poziomymi.

Wykonanie saméj konstrukcyi tłómaczy figura pomocnicza 222_b. Przedstawia ona linią *ab*, skośną względem pł. podstawy, a w i ę c n i e p o z i o m ą; pionowo pod nią położona *a'b'* jest jéj perspekt. planem. *HH* jest horyzontem. Chcąc tę ukośną prostą *ab* podzielić w stosunku takim, jak punkty *1*,*2*,*3*,*4*,*C* długość *b'C* dzielą, wyznaczamy nasamprzód na perspektywicznie pozioméj *a'b'* planu, perspektywiczną tego rodzaju podziałkę, a to zupełnie jak poprzód na linii *al**). Po otrzymaniu na niéj punktów *1'*,*2'*,*3'*,*4'*,*5'* rysuje się w nich pionowe aż do *1*,*2*,*3*,*4* na *ab*, na któréj tym sposobem takasama podziałka wystąpi.

Zastosowano to w fig. 222. Spuszczono tam z punktów l_2 i k_2 (w stosudze $l_2 k_2$ drugiego kamienia) linie pionowe aż do l'_2 i k'_2 planu; linia $l'_2 k'_2$ występuje tedy wobec $l_2 k_2$ taksamo, jak w fig. 222_b linia *a'b'* wobec *ab*. Dzielimy przeto $l'_2 k'_2$ w stosunku takim, jak tego punkty *1*,*2*,*3*,*4* na *lk* (fig. 222_a) dokonują, a to za pomocą prostéj $L_2 N$, na którą punkty *1*,*2*,*3*,*4* z *lk* przenosimy**). W wyznaczonych tak wedle rysunku na $l'_2 k'_2$ punktach $1'_2, 2'_2, 3'_2, 4'_2$***) wznosimy pionowe aż do $1_2, 2_2, 3_2, 4_2$ na stosudze $l_2 k_2$. Linie z punktów tych równolegle idące do $a_2 l_2$ (dążą one do *z*) stanowią drugi układ potrzebnych do wyznaczenia wierzchołków profilu linij. W punktach przecięcia się z układem pierwszym wypadają szukane wierzchołki, a miano-

---

*) Z dowolnego punktu *F* horyzontu rysujemy *Fa'* do C_1 poziomej $b'C_1$ i kreślimy przez punkty *1*,*2*,*3*,*4*,*C* proste równoległe do CC_1. Z nich wypadnie na $b'C_1$ takasama jak na *b'C* podziałka, którą linie $C_1 F$, $4_1 F$..$1_1 F$ perspektywicznie na *a'b'* przenoszą.

**) Punkty L_2, K_2 na poziomej *am* leżą w przedłużonych prostych Al'_2, Ak'_2.

***) Z braku miejsca znakowano tylko $1'_2$ i $4'_2$.

wicie b_2 i c_2 w przecięciu się linij a_2o i 9_2i z prostą, która przez 1_2 równolegle do a_2l_2 przechodzi, d_2 zaś w przecięciu się linii 8_2j z prostą przez 2_2 równolegle do a_2l_2 wykreśloną itd. Podobnie postępuje się i z krawędzią k_6l_6 kamienia szóstego; plan jéj perspekt. znajduje się w $k'_6l'_6$, a podział w rysunku wykonano.

Oznaczywszy wierzchołki wszystkich profili rysujemy krzywe ich części od ręki, bacząc aby łuki *cd* stykały się w punktach *c* z liniami jak c_2i,...c_6i, w punktach *d* zaś z liniami d_22_2...d_62_6. Tosamo tyczy się także łuków *df* i części przy *g*.

Przez wszystkie wierzchołki jednakowymi literami znakowane, jak np. $bb_1b_2...b_5b_6b$, kreśli się w ostatku poszczególne koła profilowanego łuku od ręki. Przy kole przechodzącém przez punkty $cc_1c_2..c_6c$ widać, że punkty c_5c_6 i ostatni *c* już są kołem $bb_1...b_6$ zakryte; łuk $c_1...c_6$ widać przeto tylko aż poza c_4 do punktu *n*, w którym on się z kołem $b_1...b_6$ schodzi. Łuk $dd_1..d_6d$, w którym punktów d_5 i d_6 oko już nie dostrzega, wykreśla się, od punktu d_4 począwszy już nie przez punkty d_5,d_6 i *d*, lecz stycznie do wyznaczonych poprzód od ręki krzywych c_5d_5, c_6d_6, *cd*.

W pobliżu punktu a_5 występuje łuk nad średnicą *66* wykreślony poza obręb koła $aa_1...a_2a$. Widoma jego część przechodzi przez punkty b_6 i *6*. Między nim a kołem $aa_1...a_6a$ mieści się grubość, o jaką obramowanie tego okna lub też drzwi z muru zewnętrznego wystąpi, a uwidocznione na murze stosugi łożyskowe kamieni dążą oczywiście do *z* i z_{90}.

W $a_0b_0...h_0k_0l_0$ widać pionowy przekrój, który przechodzi przez środek zawornika sklepiennego. Wierzchołki tego przekroju leżą pionowo nad punktami *o,i,j,r,t,p* i na liniach, które z punktów 1_0,2_0,3_0,4_0 pionowéj k_0l_0 do *z* dążą. Podział na k_0l_0 jest takisam, jak na k_2l_2 i k_6l_6, a wykonanie jego widać z prawéj strony w trójkącie k_0l_0N.

§. 215. Łuk gotycki. Przedstawia go fig. 223. W fig. 223ₐ widać w planie geom. przekrój przez taki łuk, a więc i kształt profilu. Składają się nań koła i linie proste, a mianowicie zamyka linia prosta *abhk* z poziomą *ll* kąt 45°, środki zaś kół, które są więcéj niż półkolami, mieszczą się w punktach o_1 i o_2. Linia *pC* jest osią symetryi, proste zaś C_1r_1 i C_2r_2 osiami obu części łuku tak, że na C_1r_1 znajdują się środki kół wychodzących z wierzchołków profilu po lewéj stronie, na C_2r_2 zaś środki łuków poczynających się w wierzchołkach profilu prawego.

Dla rysunku w perspektywie przyjmujemy nad dolną krawędzią obrazu (t. j. linią *PP*) w stosownéj wysokości horyzont, na nim we środku obrazu punkt *A*, daléj $D/_4$. Obrawszy w punkcie *m* planu naroże muru, kreślimy tam dolną krawędź jego mm_1 jako jedno ramię kąta prostego, a z niego dochodzimy sposobem wiadomym do drugiego mm_2, a więc i do punktów

zbiegu $z/_4, z/_{8^{90}}, z_{45}$ jakoteż do punktu T_{90}. Po przedłużeniu krawędzi mm_1 i mm_2 aż do ram obrazu urządzamy na tych ostatnich, jak niemniéj na pionowéj w *m* wzniesionéj pomocnicze podziałki.

Przyjmując teraz na planie punkt *a* jako odpowiadający wierzchołkowi *a* fig. 223_a i uważając wymiary téj figury jako odnoszące się do głębokości owego punktu *a*, rysujemy w celu uzyskania obydwu profili nasamprzód z punktu *a* linią do z_{45}. Jest ona perspektywą prostéj *ak* szkicu geom. Następnie uzupełniamy dla łatwiejszego rysunku plan geometryczny liniami z poszczególnych wierzchołków do linii *al* prostopadle spuszczonymi, t. j. liniami *b1,c2..h6,k7*; daléj linią *lx* styczną do kół pierwszego i trzeciego, jakoteż *jj* styczną do środkowego, poczem przenosimy wymiary linii *al*, t. j. długości *a1,a2...a7* jakoteż *aC*, aC_1, aC_2 na poziomą *aG* perspekt. rysunku. Linie dążące z otrzymanych tu punktów *1,2..7* i *F,K,L* do T_{90} odetną na *aa* odpowiednią perspekt. podziałkę $1_1 ... 6_1, 7_1$ jak niemniéj punkty C, C_1, C_2. Proste łączące punkty podziałki z punktem *z* odpowiadają liniom *b1,c2..k7* szkicu geom. i przecinają nakreśloną już prostą az_{45} w wierzchołkach *b, c, d,.. h, k* lewego profilu, prosta *Cz* zaś jest perspekt. osią symetryi. Po odcięciu daléj na poziroméj *aG* długości *a8* i *a9* (równających się wymiarom *al* i *aj* szkicu) i wykreśleniu z punktów *8* i *9* linij do T_{90}, powstaną na krawędzi *aa* muru punkty *l* i *j*. Dążące z nich do z_{45} proste są już perspektywami stycznych *lx* i *jj* małych kół szkicu. Koła te możnaby w planie perspekt. z dostateczną dokładnością teraz od ręki narysować, pewność jednak będzie większą po wykreśleniu stycznych w punktach *b* i *c* w tymże planie *). Taksamo postępuje się z dwoma pozostałymi kołami, których styczne jednakże i drogą ściSłéj konstrukcyi otrzymać można, jak w punktach *f* i *g* koła drugiego i trzeciego. W punkcie *f* (fig. 223_a) wykreślono bowiem styczną *fp* ($fp \perp o_1 f$) i przedłużono ją aż do *p* na osi symetryi, który to punkt *p* i w perspektywie na osi *Cn* wyznaczono **). Linia *pf* jest styczną w punkcie *f*. Podobnie dochodzi się i do stycznéj *og* w punkcie *g*.— W czworoboki powstałe między lz_{45} i jz_{45} i właśnie co wykreślonymi stycznymi wpisuje się koła, jak w rysunku widać.

Przechodząc do profilu drugiéj strony, spostrzega się w fig. 223_a, że wszystkie linie *lx, ak, jj* przecinają się z osią syme-

---

*) Do tego rysujemy najprzód odpowiadające im styczne *by* i *cz* w fig. 223_a i wmieszczamy je w rysunku perspektywicznym od oka (jak to tam proste *by* i *cz* przedstawiają) tak, aby powstające czworoboki perspekt. *laby*, *byzc* czworobokom taksamo znakowanym szkicu, o ile to się od oka da ocenić, odpowiadały. Dokładność taka wystarczy tu zupełnie.

**) Odcięto do tego na *aa* wymiar CG_1 persp. równy *FG*, jeżeli $FG = Cq = Cp$ (z 223_a) i wykreślono prostą $z_{45}G_1$, która odpowiada prostéj *qp* szkicu i wyznaczy na *Cn* punkt *p*.

tryi *Cu* w punktach *n*, *v*, *i*, z których także wychodzą równe tamtym trzy linie do profilu prawego. Wyrażamy tosamo w perspektywie, przenosząc najpierw długość *aC* perspektywicznie na drugą stronę i łącząc powstały tak wierzchołek profilu po prawéj, t. j. punkt *a* z punktem *v*, w którym się oś symetryi z wykreśloną już prostą akz_{45} przecina. Otrzymana tak prosta *av* odpowiada linii *ak* po lewéj, a punkt *k* po prawéj leży w przecięciu się prostéj *va* z linią, która z wierzchołka *k* lewéj strony zmierza do z_{90}. Na linii *ak* po prawéj znajdują się punkty odpowiadające wierzchołkom *b*, *c*, *d*.. *h* po lewéj; leżą one zarazem na prostych dążących z wierzchołków owych do z_{90}. Jeżeli na linii *aa* także odległości *Cl* i *Cj* przeniesiemy perspektywicznie na drugą stronę punktu *C* do *l* i *j* i punkty te połączymy z punktami *n* i *i* osi symetryi, to otrzymamy w liniach tych styczne do kół po prawéj stronie, które od ręki łatwo narysować*).

Położoną teraz nad *aa* prostą *aa* (dążącą do z_{90}) przyjmujemy za podstawę łuku (a więc punkty *a*, *a* za punkty wyjścia obu jego części) i znaczymy na niéj pionowo nad punktami C, C_1, C_2 punkty C, C_1 i C_2, które znakowanym taksamo punktom szkicu odpowiadają. Z perspektywicznych środków C_1 i C_2 należy części gotyckiego łuku wyznaczyć, a to sposobem wiadomym**). Otrzymawszy go, kreślimy z punktu *a* lewéj strony linią *ak* do z_{45}, a przez punkty *b*, *c*.. *h*, *k* perspekt. planu pionowe w górę aż do przecięcia się z tamtą. Powstaną tak na owéj linii punkty, z których wychodzić będą łuki dalsze. Punkty te otrzymamy i po drugiéj stronie, kreśląc nasamprzód przez *C* oś symetryi *Cx* (dąży do *z*) i wyznaczając jéj przecięcie się z linią akz_{45}, t. j. punkt *v*, który leży pionowo nad punktem *v* planu. Z niego wychodzi do *a* strony prawéj linia *ak*, a na niéj znachodzimy żądane powyżéj punkty pionowo nad punktami *a*... *f*, *g*, *k* planu.

---

*) Styczne w punktach *f* i *g* otrzymamy przez bezpośrednie połączenie tychże z punktami *p* i *o* osi symetryi *Cn*.

**) Najkorzystniéj jednak użyć tu sposobu następującego: Po wykreśleniu przez punkt *C* linii pozioméj i wyznaczeniu na niéj za pomocą prostych, które z *a*, C_2, C_1 i *a* do T_{90} dążą, punktów *a'*, C'_2, C'_1, *a''* — zatacza się ze środków C'_1 i C'_2 cyrklem łuki kołowe *a'1234* i *a''7654* i dzieli każdy z nich na cztery równe części. Punkty tego podziału otrzymamy w perspektywie tak, jak punkty a_2 i a_6 z punktów *2* i *6*. Połączono do tego punkty *2* i *6* prostą poziomą, która na pionowéj *C4* wyznacza punkt *II*. Przezeń dąży perspekt. cięciwa do z_{90}, a na niéj odetną linie $2T_{90}$ i $6T_{90}$ punkty a_2 i a_6 kół perspektywicznych. Do dokładnego rysunku potrzeba koniecznie stycznych w punkcie *(4)* ich przecięcia się. Wykreślono w tym celu w rzeczonym punkcie styczne do geom. koła *a'1234* aż do przecięcia się z pionową punktu *a'*, t. j. do punktu *e'*. Idąca stąd prosta do T_{90} odetnie na pionowéj punktu *a* punkt e_1. Prosta $e_1 4$ jest już w punkcie *4* szukaną styczną; położona po drugiéj stronie styczna łuku drugiego wychodzi z punktu e_2. Jest on przecięciem się pionowéj punktu *a* z linią, która z punktu e_1 strony lewéj do z_{90} dąży. (Patrz §. 152 sklepienie gotyckie).

Podobnie jak koła wychodzące z punktów a i a, kreślimy i koła poczynające się we wszystkich innych punktach; środki ich leżą na liniach C_1x_1, C_2x_2 dążących ze środków C_1 i C_2 do z. Po wykreśleniu wszystkich tych kół przystępuje się wprost do rysunku stosug spojenia poszczególnych kamieni, a mianowicie nasamprzód do prostych a_1k_1, a_2k_2..., które stosudze ak pierwszego kamienia odpowiadają. Można je uważać jako powstałe przez obrót linii ak strony lewéj (fig. 223$_a$) około prostéj C_1r_1, którąby tu jako oś stożka występowała. Punkt przecięcia się linii ak z tą osią, t. j. punkt S_1, stanowi wierzchołek tego stożka i przezeń muszą przejść wszystkie linie ak w rozmaitych swych położeniach. W tymsamym charakterze dla łuku prawéj strony występowałby punkt S_2 na linii C_2r_2 geometrycznego planu. Potrzeba zatem i w perspektywie przedłużyć linią av lewéj strony aż do przecięcia się w S_1 z linią C_1x_1 i przez ten punkt powykreślać proste a_1k_1, a_2k_2, a_3k_3 lewéj połowy łuku. Podobnie powstanie na linii C_2x_2 w przecięciu się jéj z linią va prawéj strony punkt S_2, przez który przechodzą wszystkie proste a_5k_5, a_6k_6, a_7k_7. Rysujemy części tych prostych między łukami*). Linie wychodzące z punktów k_4, k_5, k_6, k_7, k stanowią stosugi łożyskowe na podniebieniu i dążą do z.

Aby w poszczególnych profilach przedstawić występujące w nich krzywe, uwidocznimy przedewszystkiém styczne, które prostym ln i ji perspekt. planu odpowiadają. Rysujemy w tym celu na linii aa pionowo ponad punktami l, l, j, j planu punkty taksamo znakowane i szukamy następnie zarysów kół o środkach C_1 i C_2 a promieniach C_1l, C_1j dla lewéj, C_2l, C_2j zaś dla prawéj części sklepienia. Otrzymano tak łuki $l1''2''3''4''5''6''7''l$ i $j1'2'...6'7'j$. W nich leżą punkty odpowiadające w każdym kamieniu punktom l i j, a mianowicie dążą wszystkie proste $1''a_11'$... $3''a_33'$ lewéj strony do środka C_1, wszystkie zaś $7'a_77''$,.. $5'a_55''$ prawéj do C_2. Są to bowiem stosugi spojenia kamieni sklepiennych na pionowéj ścianie, w któréj się téj bramy wylot mieści, a jako takie dążyć muszą do środka łuku sklepionego.

Dla otrzymania stycznych do łuków w profilach poszczególnych kamieni zwracamy w fig. 223$_a$ uwagę na proste lx i jj, które podobnie jak przedtem linia ak obracają się około osi C_1r_1 (dla lewéj połowy łuku) i C_2r_2 (dla prawéj). Wyznaczą one na tych osiach punkty r_1, t_1 i r_2, t_2, które jak poprzednio S_1 i S_2 są wierzchołkami odpowiednich stożków obrotowych.

---

*) Wierzchołki łuków, jak 4, b_4, c_4.. h_4, k_4 nie leżą w linii prostéj, tworzą one bowiem krzywą przecięcia się dwóch jednakowych zupełnie powierzchni stożkowych, w tym wypadku hiperbolę. Nie zbacza ona tu na rysunku bardzo od linii prostéj, gdyby zaś zbaczała, to trzebaby te punkty linią krzywą od ręki połączyć.

Punkty te t_1 i r_1 otrzymamy i w perspektywie przez wykreślenie z l i j lewéj strony linij do z_{45}, które na prostéj C_1x_1 owe punkty t_1, r_1 odetną; t_2 i r_2 leżą na C_2x_2 w prostych idących z t_1 i r_1 do z_{90}. Przez punkt r_1 przechodzą teraz proste odpowiadające linii lr_1 kamienia pierwszego, t. j. proste $r_1 1''$, $r_1 2''$, $r_1 3''$, przez t_1 zaś linie $t_1 1'$, $t_1 2'$, $t_1 3'$, które prostéj $t_1 j$ odpowiadają. Taksamo przez punkty r_2 i t_2 proste $r_2 5''$, $r_2 6''$, $r_2 7''$ i $t_2 5'$, $t_2 6'$, $t_2 7'$ z drugiéj strony. W powstałe tak figury można koła wpisać od ręki, jak to rysunek przedstawia *).

Prócz łuków konstrukcyjnie dotąd otrzymanych ważny jest jeszcze i konieczny dla rysunku łuk, który do wszystkich środkowych kół profilowych z lewéj strony w punktach i, i, i, z prawéj zaś w punktach i_1, i_1 stycznie przylega. Kreśli go się od ręki, jak to wykazuje rysunek.

§. 216. **Gzyms na budowach gotyckich powyżéj drzwi i poniżéj okien umieszczany.** Widać go w fig. 223. Załamuje się on również prostokątnie, różni się zaś od gzymsów dotąd rozpatrywanych tém, że się składa z części pionowo i poziomo bieżących, podczas gdy na tamte składały się wyłącznie części poziome. Profil gzymsu tego widać w pobliżu górnego brzegu rysunku w zarysie $ab_{11}c_{11}d_{11}f$ jakoteż poniżéj przy $ab_1c_1d_1f$ na rogu, gdzie się ściany załamują. Jeżeli a_2a_3 jest pionową, a_3a_4 zaś poziomą krawędzią gzymsu na murze, to przekrój obu, w narożu a_3 załamujących się części gzymsowych mieścić się będzie w płaszczyźnie prostopadłéj do ściany muru a połowiącéj kąt prosty $a_4a_3a_2$, a więc **przed** przekątną a_3q, która właśnie kąt ten połowi. Dla wyszukania téj przekątnéj odcina się na a_3a_2 dowolną długość a_3n i przenosi ją perspektywicznie do a_3p na a_3a_4. (Rysuje się do tego $a_3m = a_3n$ i kreśli mT_{90}, która na a_3a_4 szukany punkt p odetnie). Figura a_3pqn (pq pionowe, nq dąży do z_{90}) jest kwadratem, a a_3q żądaną powyżéj przekątną. Podobnie dochodzi się do przekątnéj a_2f_2 połowiącéj kąt poniżéj w narożu a_2.

Linie poziome $b_{11}b''$, $c_{11}c''$, $d_{11}d''$, które teraz z wierzchołków danego u góry profilu aż do krawędzi aa wykreślimy, wyznaczą na niéj punkty a, b'', c'', d'', f. Dążące z nich do z_{90} linie odetną na przekątnéj a_3q punkty $a_3, b''', c''', d''', f_3$. Pionowo pod nimi leżą na przekątnéj a_2f_2 odpowiadające im punkty, których dla braku miejsca nie znakowano. Na liniach, które z punktów tych prostopadle do muru wychodzą, (t. z., że dążą do z) znajdują się wierzchołki b_2, c_2, d_2, f_2 przekroju narożnego

*) Styczne w punktach f, t. j. w punktach $f_1, f_2 .. f_5, f_6$ można otrzymać przez wyznaczenie na linii Cx punktu p pionowo nad p planu. Z niego wychodzą styczne do wierzchołków f, f pierwszego kamienia. Linie te fp, fp przedłużone odetną na C_1x_1 i C_2x_2 punkty y_1 i y_2. Przez y_1 przechodzą styczne w punktach f_1, f_2, f_3 lewéj, przez y_2 zaś styczne punktów f_5, f_6, f_7 prawéj połowy łuku.

w tém miejscu. Otrzymamy je po poprzedniém wyznaczeniu za pomocą profilu $ab_1c_1d_1f$ przekroju narożnego $abcdf$, w którym się dwie poziome części gzymsu (jedna na ścianie pionowéj mm_2, druga na ma) przetną. Z jego wierzchołków, które sposobem dotąd przy gzymsach stosowanym uzyskano, wykreślono proste do z_{90}. Przetną się one z liniami, które poprzód z punktów przekątnéj a_2f_2 do z poprowadzono, we wierzchołkach a_2, b_2, c_2, d_2, f_2 mieszczącego się przed tą przekątną przekroju. Wzniesione w nich pionowe odetną na prostych dążących z punktów b''', c''', d''' przekątnéj a_3f_3 do z, odpowiednie wierzchołki przekroju w narożu a_3. Z niego otrzymamy przekrój w narożu a_4, którego przekątna a_4f_4 przecina przekątną a_3f_3 w punkcie F linii $4F$, jeżeli ta połowi długość a_3a_4. Z przekroju a_4f_4 dochodzimy do następnego przed przekątną a_5f_5 i do wszystkich następnych, jak to widać z rysunku.

XXVI.

Słupy i naczynia okrągłe.

§. 217. B a z a s ł u p a (fig. 224). Na płycie kwadratowéj spoczywają części okrągłe, których wzajemnymi stosunkami zajmuje się nauka o stylach. Do wykreślenia części tych służą wprost zasady perspektywy prostéj; (ob. §. 202 uwaga). Obrawszy w fig. 224 horyzont w HH wraz z punktem oka A i częściowym punktem odstępu $D/_3$, nakreślono linią pionową oo_1 jako oś słupa. W jéj zagłębieniu widać po obu jéj stronach profil słupa w figurze $a_1b_1c_1d_1e_1f_1g_1h_1i_1j_1l_1k_1m_1$ *) a to w położeniu równoległém do tła, a w stosowném do zagłębienia zmniejszeniu. Odległości wierzchołków tego profilu od osi, t. j. wymiary $c_1 1$, $d_1 2$, $e_1 3$, $f_1 4$... są równoległymi do tła promieniami kół poziomych, które na powierzchni słupa się mieszcząc razem perspektywiczną formę jego uwydatnią.

W y k r e ś l e n i e samo polega na perspekt. wyznaczeniu wszystkich tych kół poziomych, których równoległe do tła promienie znamy. Sposobem wiadomym szuka się kół o promieniach $10k_1$, $9l_1$, $7i_1$, $6h_1$, $4f_1$, $3e_1$, $1c_1$; kończynami prostopadłych względem tła średnic są punkty k, l, i, h, f, e, c. Pomijając na razie koła o promieniach $7i_1$ i $1c_1$ rysuje się perspekt. obwody wszystkich innych**), które będąc konturami niskich pasków walcowych, stanowiących przejście między poszczególnymi częściami bazy, dalszéj zmianie nie ulegną. Co się zaś tyczy wspomnianych części bazy, łatwo spostrzéc, że

*) a_1b_1 odpowiada kwadratowéj płycie dolnéj.

**) zwraca się przytem szczególną uwagę na styczne w punktach k_1, l_1.. f_1..., t. j. w kończynach średnic, które to styczne do A zmierzając, do dokładności rysunku bardzo się przyczyniają.

szczególnie rysunek obydwu pierścieni wypukłych $e_1d_1c_1$ i $l_1j_1i_1$ na kołach już wykreślonych poprzestać nie może i że poprawność konstrukcyi wymaga jeszcze wyznaczenia kół największych o promieniach $2d_1$ i $8j_1$. Po ich wykreśleniu łączy się wszystkie końce prostopadłych do tła średnic (znajdują się między nimi także właśnie co otrzymane punkty *d* i *j*) linią *kljihgfedc*, która jest linią przecięcia się powierzchni słupa z płaszczyzną przez jego oś przechodzącą a do tła prostopadłą. Krzywe części téj linii jako półkola pionowe muszą, co łatwo pojąć, w punktach *l* i *i* jakoteż *e* i *c* do dotyczących średnic *l9*, *i7*, *e3*, *c1*, w punktach zaś *j* i *d* do pionowych tych punktów stycznie przylegać. Okoliczność ta sprawia, że koło *edc* w dolnéj swéj części wychyla się poniżéj punktu *c* koła poziomego c_1c_2c, podobnie jak i koło *lji* poniżéj punktu *i*.

Rysunek perspektywiczny konturu pierścienia od ręki wykonuje się tak, a b y b y ł o b w i e d n i d o w s z y s t k i c h w y s t ę p u j ą c y c h t u k ó ł p o m o c n i c z y c h t a k p o z i o m y c h j a k i p i o n o w y c h, t. j. a b y w s z y s t k i e t e k o ł a o b e j m o w a ł i z n i m i s i ę s t y k a ł. (Por. z kulą §. 159). Kontur ten przechodzi zatem i przez najniżéj w rysunku występujący punkt *r* koła *edc*, nie dotykając już koła poziomego c_1c_2c, które, jako dla oka niewidoczne, w całości poza pozornym zarysem rzeczonego pierścienia kryje się. Styka się on jeszcze z narysowanymi po obu stronach kołami profilu $e_1d_1c_1$ w punktach *y* i *x*, które otrzymać można w p r o s t jako punkty zetknięcia się kół tych z liniami *xA* i *yA*.— W podobny sposób dochodzimy do pierścienia l_1j_1i. Sięga on konturem swoim poniżéj punktu *i* koła pionowego *lji* i styka się z kołami $l_1j_1i_1$ profilu w punktach *p* i *z*, t. j. w punktach zetknięcia się kół tych z liniami *pA* i *zA*.

Krawędzie konturowe walcowego słupa wypadną jako pionowe styczne koła m_1mm_1. (Ob. §. 131). Co do ich zakończenia u dołu w pobliżu l_1, poda §. 219 potrzebne wyjaśnienie.

§. 218. K a p i t e l s ł u p a. Widać go w fig. 225, w któréj profil $a_1b_1c_1 ... l_1k_1m_1$ (równoległy do tła a w zagłębieniu osi oo_1) narysowano jak poprzód. Za pomocą położonego na horyzoncie punktu $D/_3$ otrzymano koła poziome i połączono kończyny prostopadłych do tła średnic onychże linią *defghnlkm*, która posiada tosamo znaczenie, co w fig. 224. Poszczególne części kapitelu rysuje się jak poprzód od ręki jako krzywe obwiednie występujących kół; tak obejmuje kontur np. ćwierci pierścienia u góry obydwa koła poziome d_1dd_1 i e_1ee_1 i styka się zarazem z ćwierćkolem pionowém $d_1e_1f_1$ profilu z lewéj strony w punkcie *x*, który jest także punktem styczności tego ćwierćkola z linią *Ax*. Co do rysunku pierścienia przy h_1l_1, sięga zarys jego również powyżéj koła poziomego h_1h, prze-

chodząc przez najwyższy na rysunku punkt r półkola pionowego hnl. Zresztą jak w figurze poprzedniéj.

§. 219. Okrągłe formy ogólniejsze. Występują one w praktyce malarskiéj dość często, np. w kształcie naczynia jak je fig. 226 przedstawia. Twierdzą wprawdzie, że przedmioty takie lepiéj rysować z natury, aniżeli według zasad perspektywicznych, gdyż konstrukcya byłaby zanadto zawiłą; twierdzeniu temu jednak z niejednego względu słuszności przyznać nie można. Pominąwszy już bowiem i okoliczność, że rysunek z natury dla braku przedmiotu samego niezawsze jest możebny, to szkic kiedyś tam z niego uchwycony rzadko tylko wprost w kompozycyi da się użyć, gdyż jedność perspektywiczna (§. 177) wymaga stosownego przerysowania. Schodzi się tedy w ostatku zawsze do konstrukcyi ściśléj, która zresztą wcale nie jest tak zawiłą i trudną, jak to się niektórym artystom wydaje.

W fig. 226_a widać profil naczynia, o którego perspektywę się rozchodzi.

Wykr. Po przyjęciu w fig. 226 horyzontu w HH, a na nim punktu A*) jakoteż $D/_4$ narysowano linią oo_1 i odcięto po obu stronach z punktów $1,2,3$.. odległości $1b_1, 2a_1, 2c_1, 3d_1$.. z fig. 226_a. Powstał tak równoległy do tła przekrój naczynia $a_1b_1c_1...q_1r_1s_1$. Podobnie jak w fig. 224 i 225 rysuje się i tu szereg kół poziomych, których środki $1, 2, 3$.. i promienie $1b_1, 2a_1, 2c_1, 3d_1$.. znamy. Przez połączenie kończyn $a, b, c ... q, r, s$ prostopadłych do tła średnic powstanie znowu przecięcie naczynia płaszczyzną pionową do tła prostopadłą. Krzywa ta linia musi w punktach h i k, q i s jakoteż b, b (kończyny średnicy $A1$ najwyższego koła) z prostymi hA, kA, qA, sA i Abb stykać się, za czém idzie wychylenie się części jéj fgh poniżéj punktu h, części qrt poniżéj s, jakoteż części górnéj powyżéj punktów b.

Kreśląc perspektywiczny kontur, rysuje się go w części główném środkowéj w kształcie linii krzywéj, obwodzącéj koła o środkach $3,4,5,6$. Musi ona u dołu stykać się z krzywą $abc...fgh$ pionowego przekroju, a to w punkcie poniżéj h położonym tak, że koło h_1hh_1 w obrębie jéj się mieszczące dla oka znika. Prócz tego dotyka ona profilu $d_1e_1f_1g_1h_1$ lewéj strony w punkcie y, t. j. w punkcie zetknięcia się tegoż profilu ze styczną, wychodzącą doń z punktu A.

Na zarys perspektywiczny w górnéj części naczynia składają się: przedewszystkiém część a_1aa_2 koła poziomego a_1aa_1, następnie krzywa przechodząca od a_2 przez punkt w a daléj przez punkt z aż do a_1 strony lewéj. Krzywa ta przylega w punkcie w do stycznéj Aw profilu, niemniéj w punkcie z do przekroju $abde$.., jakoteż wreszcie po raz drugi do konturu danego profilu

*) krzyżykiem w obrębie figury 224 oznaczonego.

w pobliżu punktu a_1 po lewéj stronie. Jako zakończenie rysunku górnéj części kreślimy jeszcze krzywą *vzu*; styka się ona w punktach *v* i *u* z zarysem profilu, w punkcie *z* zaś z przekrojem *abcd*... Punkt *v* jest zarazem punktem zetknięcia się profilu z linią *Av*. Krzywa *vzu* nie przedstawia wyraźnych punktów końcowych, dlatego też tak się ją wykreśla, aby się rys jéj ku punktom *v* i *u* nieznacznie gubił.

Zarys naczynia poniżéj koła k_1k, stanowiącego dolną podstawę walca *hkhk*, powstanie jak zawsze z wyznaczenia linii obwiednéj kół $l_1ll_1, m_1mm_1, n_1nn_1, o_1oo_1$. Że zaś, jak z rysunku widać, żadne z tych kół nie leży całkowicie w obrębie któregokolwiek z innych, dlatego też linia obwiedna z lewéj strony da się od l_1 począwszy do wszystkich tych obwodów nakreślić. Koło zaś p_1pp_1, ostatnie w rzędzie kół powyższych, stanowiące zakończenie téj części naczynia, mieści w sobie jak widzimy koło poprzedzające o_1oo_1, dlatego też linia obwiedna nie może już po zetknięciu się z kołem o_1oo_1 dotykać koła p_1pp_1, lecz musi się znowu (jak *vzu* u góry) w punkcie *j* nieznacznie gubić. – Tosamo odnosi się i do linii obwiednéj po stronie prawéj, która pozornie gubi się gdzieś w pobliżu punktu *i*.

Zanikanie krzywych obwiednych w pobliżu punktów *j* i *i* tłómaczy i zanikanie krawędzi konturowéj słupów właściwych w pobliżu punktów l_1, l_1 w fig. 224 jakoteż $f_1 .., l_1 ..$ w fig. 225. Pierścień stanowiący podstawę naczynia rysuje się jak w fig. 224.

Uwaga. Figury 224, 225, 226 służyły tylko do wyjaśnienia konstrukcyi saméj; wartość artystyczną miećby one mogły tylko jako części kompozycyi większéj, w któréjby ich punkty i odstępy oka zgadzały się z tymiż elementami perspektywicznymi całego obrazu.

XXVII.

Sklepienia.

A) Sklepienie klasztorne z lunetami.

§. 220. Ponieważ warunki, które użycia sklepień takich wymagają, tłómaczy §. 156, ograniczamy się tu do rozpatrzenia tych tylko spraw, które z istoty perspektywy skośnéj wynikają.

W fig. 227 przyjęto w horyzoncie punkty *A* i $D/_4$ i wyznaczono w $z/_4$ i $z/_{690}$ częściowe punkty zbiegu, jakoteż w z_{45} punkt zbiegu przekątnych. Po wykreśleniu z punktu *h'* planu linij do *z* i z_{90} urządzono sposobem wiadomym podziałki pionowe tak w środku rysunku, jakoteż na obu jego brzegach. Następnie poprowadzono przekątną $h'z_{45}$ i przyjęto w rogu przy $h'c_1$ mały kwadracik, z którego otrzymano położone tuż przy ścianie prostokąciki $a'_1b'_1f'$, $d'e'g'$, *uvw*. Odległości c_1v, $c_1a'_1$, b'_1d' są między sobą perspekt. równe, jak niemniéj wymiary *uv*, $a'_1b'_1$, $d'e'$; czworobok $c_1a'_1a'_2v$ jest przeto kwadratem, a linia va'_1

drugą jego przekątną. Z obu sklepień beczułkowych, stanowiących części występującego tu sklepienia klasztornego, dąży jedno do z, drugie do z_{90}*), a wspólne ich przecięcie, t. j. krzywa $cI\,IIa$ leży pionowo nad przekątną $a'_2h'z_{45}$. Wymiar $c_1a'_1$ przedstawia (podobnie jak w fig. 162) perspektywiczny promień beczułek jakoteż rozpiętość lunet. Istotną tego promienia długość w głębokości punktu c_1 uzyska się na linii c_1o po połączeniu punktów a'_1 i T**). Ćwierćkole ze środka o promieniem c_1o zatoczone wyobraża tedy prawdziwy kształt przekroju przez beczułkę w zagłębieniu punktu c_1. Gdyby obie beczułki wznosiły się tuż nad posadzką, to możnaby ich nad przekątną $h'z_{45}$ położony przekrój, t. j. krzywą $c_1 1_2 2_2 a_2$ uważać jako przekrój w załomie dwóch gzymsów posiadających kształt beczułek. Tak da się przekrój ten wyznaczyć według §fu 210, jeżeli zatoczone poprzednio ze środka o ćwierćkole c_1y jest profilem owych gzymsów. Kreślimy zatem z obranych na tém kole punktów $1,2,y$ pionowe i poziome linie, które poziomą c_1o w $1',2',o$, pionową zaś c_1w w $1'',2'',y''$ przetną. Linie łączące punkty $1',2',o$ z punktem T wyznaczą na prostéj $c_1a'_1$ punkty $1'_1,2'_1,a'_1$, a idące z nich do z_{90} proste na przekątnéj $h'z_{45}$ punkty $a'_2,2'_2,1'_2$. Jak w §. 210 tak i tu powstanie przekrój w załomie z przecięcia się dwu układów prostych, t. j. pionowych nad punktami $a'_2,2'_2,1'_2$ przekątnéj i prostych dążących z punktów $1'',2'',y''$ do z_{45}. Otrzymana tak krzywa $c_1 1_2 2_2 a_2$ byłaby, jak wyżéj nadmieniono, przecięciem się obu beczułek, gdyby one wznosiły się tuż nad posadzką.

Sklepienia te rozpoczynają się jednak w wysokości c nad punktem c_1 planu***). Kreśli się przeto linią $z_{45}hc$ jako przekątną w téj wysokości i przecina ją wzniesionymi z punktów $a'_2,2'_2,1'_2$ planu pionowymi w punktach a'_3... Nad nimi mieszczą się dotyczące punkty przekroju w téjsaméj odległości, jaką posiadają punkty $a_2,2_2,1_2$ od odpowiadających punktów planu. Potrzeba tedy wysokości $a'_2a_2,2'_22_2,1'_21_2$ od punktów a'_3... prostéj $z_{45}c$ tylko w górę przenieść i otrzymać tak szukane miejsca a,II,I. Ponieważ jednak uzyskane tak na cz_{45} punkty a'_3.. niezawsze wypadają z dostateczną dokładnością, to można za pośrednictwem pomocniczéj figury bocznéj konstrukcyą poprawniéj wykonać. Wyrysowano w tym celu poziomą $h'k'$ i linią Ak. Na niéj leżą punkty l',n',i' w poziomych, które z $a'_2,2'_2,1'_2$ wy-

---

*) W fig. 161 dąży jedno do A, drugie równoległe jest do tła.

**) Punkt T znajduje się na przedłużeniu horyzontu w obrębie fig. 226; można go sposobem wiadomym punktem $T/_2$, na horyzoncie w obrębie obrazu się mieszczącym, zastąpić, czego tu nie uczyniono, ażeby uwagi od sprawy głównéj nie odwracać.

***) W fig. 161 wykreślono krzywą przecięcia się beczułek zaraz w téj wysokości. Tu nie uczyniono tego, aby konstrukcyą zawilszą nieco nie zająć miejsca u góry, gdzie lunety same wypadną.

kreślono. Pionowo nad k' znajduje się k, a to w linii hk równoległéj do horyzontu. Na linii Ak wynachodzimy pionowo nad l',n',i' planu punkty l,n,i. Nad nimi odcinamy długości a'_2a_2, $2'_22_2,1'_21_2$, przez co powstaną punkty l_1,n_1,i_1. Poziome stąd wyznaczają nad $a'_2,2'_2,1'_2$ planu punkty a,II,I szukanego przekroju. Z punktu a wychodzą krawędzie do z i z_{90}; leżą one na podniebieniu sklepienia i mogą być, jak w fig. 161 i 162 początkiem sklepienia źwierciadłowego.

Na podniebieniu beczułek potrzeba jeszcze wyszukać łuków lunetowych. Są to linie krzywe, położone jak w fig. 162 nad przekątnymi, które z wierzchołków prostokątów $uvw,a'_1b'_1f'$, $d'e'g'$ wychodzą. Punkty II',II' tych przekątnych w planie leżą na prostych, które z punktu $2'_2$ planu do z i z_{90} dążą, a mianowicie w przecięciu się ich z wykreślonymi przez b'_1 i u przekątnymi do z_{45}; przekątne drugie łączą owe punkty II',II' z wierzchołkami, jak d'... Pionowo nad II',II' leżą wierzchołki łuków lunetowych, a to oczywiście także na prostych, które z punktu II wyznaczonéj już krzywéj $cIIIa$ do z i z_{90} zmierzają. Punkty I,I.. na lunetach powstaną na liniach wychodzących z punktu I wzmiankowanéj krzywéj do z i z_{90}; leżą one pionowo nad punktami I',I'.., które przekątne planu z liniami $1'_2z,1'_2z_{90}$ wyznaczają.

Sklepienia lunetowe przecinają się z pionowymi ścianami sali w półkolach, które jako o średnicach równających się rozpiętości lunet łatwo wykreślić. Spoczywają tu te sklepienia na konsolach ze ścian występujących, podczas gdy w fig. 162 podparcia takiego nie ma.

Uwaga. Gdyby dla wielkiéj bliskości horyzontu przekroje występujących na planie linij między sobą nie były dość wyraźne, to trzeba, jak wiadomo, uciec się do konstrukcyi pomocniczego planu na zniżonéj płaszczyźnie podstawowéj.

B) Sklepienia krzyżowe*).

§. 221. U w a g i o g ó l n e w z g l ę d e m w i ę c é j l u b m n i é j k o r z y s t n e g o w r a ż e n i a w y w a r t e g o o b r a z e m. W przykładach dotąd rozpatrywanych starano się o to, aby przedmioty rysunkowo uwidomione przedstawiały się jak najkorzystniéj, to znaczy, aby widać w nich było właśnie te części, które najbardziéj zajmują. Tensam bowiem przedmiot można poprawnym rysunkiem perspektywicznym, który wreszcie w całości i warunkom artystycznym odpowiada, przedstawić w rozmaitych jak wiadomo widokach. Pomiędzy nimi mogą jednak, choćby nawet wszystkie w perspektywie skośnéj oddano, zachodzić znaczne różnice. W jednych może perspektywiczne ugrupowanie poszczególnych na całość składają-

*) Obrany tu przykład nastręczy sposobność do kilku uwag natury ogólnéj, których doniosłość na nim właśnie bardzo się dobitnie da wykazać.

cych się części być nader szczęśliwe tak, że właśnie *te* z nich w rysunku wystąpią, co uwagę widza głównie zajmują, podczas gdy mniéj ważnych lub nietyle zajmujących nie widać. W rysunkach innych znowu przy niefortunném ułożeniu nastąpi wypadek przeciwny, a efekt obrazu przedstawiającego tensam przedmiot mimo poprawnego kreślenia i przestrzegania wszelkich formalnych prawideł artystycznych będzie chybiony. Do lepszego wyjaśnienia niech posłuży następujący przykład: Artysta zbierający materyały do obrazu, przypuśćmy charakteru przeważnie architektonicznego, trafia na wnętrze, które go bardzo zajmuje i z którego spodziewa się bardzo efektownego obrazu niemałéj artystycznéj wartości. Wnętrzem owém niech np. będzie wnętrze kościoła, gdzie prócz mnóstwa słupów, podpierających sklepienia, znajdują się jeszcze ciekawe pomniki, które przy szczęśliwie obraném stanowisku z pomiędzy słupów widać będzie. Gdyby artysta miał widok ten rysować z natury, łatwoby sobie znalazł najodpowiedniejsze stanowisko, skądby widział rzecz najkorzystniéj, a obeznany ze sposobem perspektywicznego z natury rysowania oddałby rzecz dobrze i otrzymał szkic nie bez wartości. Pomijając jednak tu okoliczność *), że bardzo nawet piękne w naturze partye architektoniczne zdjęte wprost, chociażby i z największą poprawnością, nie sprawią w rysunku dobrego wrażenia, jeżeli warunki artystyczne nie są zupełnie korzystne, — przypuszczamy, że artysta ów chciałby konstrukcyą perspektywiczną oprzéć na geometrycznym planie. W tym wypadku zdejmie on plan ten z natury, stosując się oczywiście do sytuacyi i miar rzeczywistych i wykona następnie plan ten w perspektywie.

Stanowi to, jak już z dotychczasowych przykładów wiadomo, najważniejszą część pracy. Z planu samego zaraz widać, które części leżą bliżéj a które daléj od tła, niemniéj łatwo z pomiędzy części daléj położonych rozróżnić zakryte częściami bliższymi od innych, które jako niezakryte jeszcze widać. Tak spostrzegłoby się w przykładzie wyżéj nadmienionym po narysowaniu planu perspektywicznego od razu, że pewne słupy bliższe zakrywają niektóre z dalszych, inne zaś z tych ostatnich są widzialne – daléj, że pomnik, który się gdzieś w pewném zagłębieniu poza słupami najbliższymi mieści, widać jeszcze z pomiędzy nich lub nie itd. Wypada z tego wszystkiego, że właśnie p r z e d przystąpieniem do rysowania planu perspektywicznego pora do zastanowienia się nad jego urządzeniem, aby rysunek gotowy wypadł tak, jak sobie artysta życzy. W przeciwnym bowiem razie staje się on zawisłym od przypadku i przekonuje się niestety zapóźno, że otrzymany rysunek zamierzonemu efektowi wcale nie odpowiada. Nie pozo-

*) którą się wyjaśni późniéj (§. 232).

staje mu nic, jak tylko powtórne wykonanie pracy, a i to nie zapewni mu pożądanego wyniku, jeżeli znowu tylko poczuciem niejako kierując się do usunięcia poprzednich wadliwości drogą ścisłego dochodzenia nie kroczył.

§. 222. *Sklepienie krzyżowe rzymskie z podłęczami.* Sposób zapewniający rysunek najkorzystniejszy. Okazano go za pomocą zdjętego z natury planu geom. fig. 226_a. Widać tu istotnie rys poziomy wnętrza kościoła o trzech nawach nakrytych sklepieniami krzyżowymi, spoczywającymi na słupach środkowych i filarach, które ze ścian wyskakują. Rozpiętość sklepień nawy głównéj jest znacznie większą niż w nawach bocznych, z czego wynika, że jeżeli w tych ostatnich kwadratowe — to w nawie głównéj prostokątne przestrzenie między słupami występują. Między filarami *3* i *4* lewéj ściany, jakoteż między *12* i *17* w głębi mieszczą się pomniki *mnop* i *rstuvwxy*.

W fig. 226, w któréj przedstawiono perspektywę rzeczonego wnętrza, spostrzega się u dołu pomocniczy plan perspektywiczny. Z niego wypływa, że filar *1* widać zupełnie, filaru *2* wcale nie, bo zakryty widomym słupem *7*. Z filaru *3* widać tylko część, resztę zakrywa widoczny słup *8*. Między filarami *3*, *4* występuje pomnik *mnop* w całości, mimo że leży głębiéj niż widzialne słupy *8* i *9*, które tak się grupują, że pomnika nie zakrywają. Z filaru *4* widać część ponad pomnikiem; filar *5* jest dostrzegalny, bo niezasłonięty słupami *9* i *10*. Z filaru *6* w rogu widać wychylającą się z poza słupa *10* część; słup *11* kryje się w całości poza widomym, najbliżéj tła stojącym słupem *13*. Słupy *14*, *15*, *16* widać całe, a poza nimi występuje jeszcze częściowo filar *12*, jakoteż niektóre części pomnika *rstuvwxy*.

Za pomocą planu tego wykonano figurę główną, o czém późniéj. Przyznać należy, że części skomplikowanéj tu całości są w perspektywie tak korzystnie rozmieszczone, że niewiele się zakrywają i że pomnik jeden w zupełności, a drugi trzema pionowymi krawędziami przynajmniéj częściowo występuje*).

Jakże z figury geometrycznéj 226_a dojść drogą ścisłego badania do tego perspektywicznego planu? Oto sposobem następującym:

Po wykreśleniu planu geometrycznego 226_a na papierze rozmiarów takich, aby z téj strony, skąd widok mieć chcemy, przestrzeni nie brakło (jak tu z dołu i po prawéj), naznaczymy w obrębie téj przestrzeni w miejscu na razie dowolném punkt np. *I*. W nim można dla ułatwienia konstrukcyi wetknąć szpilkę**).

---

*) Możnaby wprawdzie i drugi pomnik widzieć w całości, ale wtedy musiałaby perspektywa być chyba prostą albo do prostéj bardzo zbliżoną a przestrzeni między słupami widaćby nie było.

**) Nic to nie szkodzi, gdyż plan ten geometryczny nie znachodzi się przecież na przyszłym obrazie, ale osobno.

Przedstawiając sobie w tym punkcie oko zwrócone do planu, łatwo zrozumieć, że widzi ono słup *7* pod pewnym kątem widzenia, a mianowicie pod kątem *gId*. W jego obrębie mieszczące się promienie widzenia należą wyłącznie do punktów tego słupa, który dla tego widać i który zasłania wszystkie w obrębie tego kąta położone punkty dalsze. Wypadłoby więc z tego, że oko w punkcie *I* widzi słup *7*, niemniéj filar *1*, z filaru *2* zaś tylko krawędzie wychodzące z punktów *g,a,b*; punktu *c* zaś nie widać, gdyż mieści się już w obrębie kąta widzenia *gId* podobnie jak i reszta punktów tego filaru. Nieinaczéj postępowałoby się przy wszystkich innych słupach i filarach.

Najdogodniéj będzie przy tém przyłożyć do punktu *I* krawędź linealu, obracać ją około znajdującéj się tamże szpilki i obserwować sposobem powyższym, które z przedmiotów bliżéj położonych zakrywają dalsze. Aby postępowanie uzmysłowić, uwidoczniono w rysunku otrzymane obok tego linealu a punktowi *I* odpowiadające promienie widzenia przez nakreślenie linij kreskami dłuższymi. Wypływa z nich, że kąt widzenia słupa *8* (kąt *gId*) nie zawiera w sobie żadnego punktu filaru *3*, mieści zaś w sobie wierzchołek *p* pomnika *mnop*; kąt widzenia dla słupa *9* zawiera w sobie prawie cały filar *5* (z wyjątkiem jednego wierzchołka); — dla słupa *10* — cały filar narożny *6*. Znaczy to, że oko znajdujące się w punkcie *I* widzi między słupami *7* i *8* cały filar *3*, pomnik zaś niecały, gdyż tylko punkty *m* i *n*; z filaru *5* bardzo mało (bo tylko jeden wierzchołek) a z filaru narożnego *6* zupełnie nic. — Na téjsaméj zasadzie dochodzi się do przekonania, że słupy *13, 14, 15, 16* zasłonią nie tylko cały filar *12* ale zresztą prawie wszystko, gdyż pomiędzy słupami *13, 14* i *15* przeglądają tylko wąziutkie części pomnika w głębi.

Zastanowiwszy się nad rezultatem widzenia z punktu *I*, łatwo pojąć, że się tu zadowolenia nie odniesie, gdyż najpierw nie widać całego pomnika *mnop*, z drugiego zaś bardzo niewiele, a pomiędzy słupami *13,14,15,16* żadnéj prawie nie byłoby przestrzeni.

Zmieniamy zatem stanowisko oka, przenosząc je np. do punktu *II*. Po wetknięciu i tu szpilki postępuje się jak przedtem. Promienie widzenia odpowiadające punktowi *II* są w rysunku kropkowane. Z nich wypływa, że z filaru *2* widać inną niż poprzód część, z filaru *3* zupełnie nic, pomnik *mnop* wystąpiłby prawie cały (prócz małéj bardzo części koło punktu *n*), filar *5* przedtem częściowo zakryty, ukaże się w zupełności. Filar *6* i część słupa *11* zasłonięte teraz słupem *13*, tak jak filar *12* słupem *14*. Pomiędzy słupami *13,14,15,16* widać więcéj niż poprzód przestrzeni, a z pomnika w głębi przeglądają dwie krawędzie *s* i *t*. Rezultat widzenia jest zatem pomyślniejszy niż

poprzód. Jeżeli jednak koniecznie się rozchodzi o to, ażeby pomnik *mnop* ujrzeć w całości, to należy zamiast w punkcie *II* ustawić się np. w punkcie *III* (w pobliżu dolnego brzegu). Z niego otrzymujemy widok zupełnie zadowalający, taki, jak go w rozbiorze perspektywicznego planu opisano*).

Należy obecnie zająć się wyznaczeniem kąta widzenia, pod którym będącemu w *III* oku obraz cały ma przedstawić się. Zależy on od mniéj lub więcéj obszernego widoku z natury, tak zwanego pola widzenia, jak go na obraz przenieść chcemy. Dajmy na to, że wystąpić ma w obrazie filar *1* i część jeszcze muru z lewéj strony, po prawéj zaś brzeg obrazu stanowić ma filar *16*. Rysujemy natenczas przez punkt *III* linie proste *IIIK* i *IIIL* (przez wierzchołek słupa *16*), otrzymując tak kąt *KIIIL* jako kąt widzenia dla obrazu. Przekonawszy się, że kąt ten nie jest z a w i e l k i, gdyż rozwartość jego nie dochodzi dozwolonéj co najwyżéj cyfry 40[tu] stopni (§. 84) przystępujemy do dalszéj konstrukcyi**). Polega ona na wyszukaniu głównego promienia widzenia; jest nim połowiąca kąt *KIIIL* linia prosta *IIIA* (§. 84). D o g ł ó w n e g o t e g o p r o m i e n i a w i d z e n i a p r o s t o p a d l e u s t a w i o n e b y ć m u s i t ł o (§. 8, 84). Rysujemy zatem linią $RS \perp IIIA$ w dowolném miejscu, bliżéj lub daléj od słupów *7* i *13* stosownie do tego, czy słupy te mają być mniéj lub więcéj zagłębione.

Gdybyśmy obecnie przedmiot w naturze mieli przed sobą w rozmiarach figury geom. 226_a, daléj ustawioną w położeniu *RS* płaszczyznę szklaną pionową (a więc prostopadłą do papiéru), a w punkcie *III* oko *O*, to widziałoby ono przez szkło przedmiot cały w szerokości *RS* (§. 3). Byłaby to w tym razie szerokość obrazu. Punkt *A* w jéj środku byłby punktem, a odległość *AIII* odstępem oka. Jeżeli jednak w fig. 226 szerokość obrazu wynosi *PP*, a długość ta równa się trzykrotnie wziętéj szerokości *RS*, to da się na tle o szerokości *PP* umieścić rysunek perspektywiczny, którego wymiary będą trzy razy tak wielkie, jak odpowiadające im wymiary rysunku geometrycznego. W tym wypadku wymiar *RS* nie jest już c a ł ą szerokością otrzymać się mającéj perspektywy, lecz tylko trzecią jéj częścią, podobnie jak odstęp *AIII* trzecią jest tylko częścią wypadającego wówczas odstępu oka. Z tego tedy powodu znakowano punkt *III* znanym symbolem $O/_3$. Punkt *A* położenia swojego oczywiście nie zmienia.

Teraz kreślimy przez punkt $O/_3$ linie równoległe do obu

---

*) Promieni widzenia nie dodano, aby rysunku zbytnio nie zakryć liniami.

**) Gdyby kąt ten wypadł większy od 40[tu] stopni, to nie można do konstrukcyi dalszéj przystąpić, lecz trzeba go albo zmniejszyć przez ścieśnienie pola widzenia albo też punkt *III* bardziéj jeszcze od przedmiotu oddalić tak, aby kąt widzenia żadną miarą powyższéj cyfry nie przekroczył.

głównych kierunków planu geometrycznego, zamykających między sobą kąt prosty. Wypadła tak linia $O/_3z/_3$, która w przecięciu się swém $z/_3$ z tłem *RS* daje częściowy punkt zbiegu dla wszystkich w tym kierunku bieżących linij poziomych przedmiotu. Druga, przez $O/_3$ do $O/_3z/_3$ prostopadła prosta odcięłaby na *RS* punkt $z/_{3^{90}}$, który jednak bardzo daleko poza obrębem rysunku wypada. Dzielimy w tym razie, jak to już nieraz dotąd czyniono, odległość $O/_3A$ w punkcie $O/_6$ na dwie równe części i kreślimy przez $O/_6$ równoległą do $O/_3z/_{3^{90}}$. Odetnie ona na tle *RS* częściowy punkt zbiegu $z/_{6^{90}}$. — Przeniesieniem długości $z/_{6^{90}}O/_6$ na *RS* uzyskuje się tu punkt $T/_{6^{90}}$, a z niego punkt dzielenia T_{90} sposobem wiadomym ($AT_{90}=6\times AT/_{6^{90}}$; §. 194). Podobnie powstaje punkt $T/_3$ po przeniesieniu długości $O/_3z/_3$ z punktu $z/_3$ na tło. Dzieląc wreszcie kąt prosty $z/_3O/_3z/_{3^{90}}$ na dwie równe części, otrzymuje się na *RS* punkt $z/_{3^{45}}$, a z niego sposobem znanym punkt z_{45} ($Az_{45}=3\times Az/_{3^{45}}$).

§. 223. Rysowanie planu perspektywicznego. Rysunek perspektywiczny w fig. 226 rozpoczyna się przeniesieniem w nią wyszukanych co dopiero punktów. Po przyjęciu zatem pomocniczéj linii podstawowéj *PP*, a w dowolnéj od niéj odległości horyzontu *HH* *) znaczy się w jego środku punkt *A*. Z niego odcinamy po stronie prawéj punkt $z/_3$ jakoteż mało co poza obraz wychodzący punkt T_{90}**), po lewéj zaś punkty z_{45}, $z/_{6^{90}}$ i $T/_2$ a to wprost z linii *RS* (fig. 226_a).

Na przygotowanym tak rysunku przyjmowano dotąd w dowolném zagłębieniu a dogodném miejscu perspektywę jakiegoś punktu, który pewnemu punktowi planu geometrycznego odpowiadał, i rysowano z niego linie do z i z_{90}. Tu uczynić tego już nie wolno, gdyż przyjęciem linii *RS* w fig. 226_a jako miejsca tła wszystko jest wyznaczone i żadnéj daléj dowolności nie ma. Chcąc zatem wyjść od perspektywy wierzchołka *b* słupa *13*, trzeba położenia jego stosownie do planu geometrycznego wyszukać. Najłatwiéj uczynić to w ten sposób, że się na planie tym wyznaczy punkt *C*, w którym krawędź pozioma, łącząca wierzchołki *b* wszystkich słupów, linią *RS* przetnie. Punkt ten leży na tle w odległości *AC* po prawéj stronie punktu *A*. W perspektywicznym planie wypadnie on przeto w linii podstawowéj *PP* po prawéj punktu *A'* (punkt *A'* leży pionowo pod *A*) w odległości równającéj się trzykrotnéj długości *AC* (z fig. geom.) Z otrzymanego tak na *PP* punktu *C'* kreślimy sposobem znanym (za pomocą punktów *A* i $z/_3$) prostą zmierzającą do z. Odcina ona na prawym brzegu obrazu

*) ten wyższy, bo drugi służy dla właściwego rysunku głównego, podobnie jak w §. 206.

**) gdyby T_{90} wypadło daleko poza granicami obrazu, to można wyznaczyć jego połowę, t. j. $T/_{2^{90}}$.

punkt b_1. — Podobnie przedłuża się drugą przez punkt b słupa *13* (w fig. geom.) idącą krawędź aż do F na RS*) i przenosi długość AF stąd do $A'F'$ na PP w figurze perspektywicznéj ($A'F'=3\times AF$). Wykreślona z F' prosta do z_{90} wyznacza na lewym brzegu rysunku punkt b_2, a obie proste $C'b_1$ i $F'b_2$ dadzą w swém przecięciu się wierzchołek b słupa *13* w planie perspektywicznym.

Na pionowéj w otrzymanym wierzchołku b, jakoteż na obu brzegach rysunku (od b_1 i b_2 wychodząc) urządzamy teraz znane podziałki pomocnicze. Dzielimy do tego odstęp między punktami b, b_1, b_2 i horyzontem na ośm równych części, które cyframi od *1*—*8* znakowano. Po wyszukaniu następnie na linii PP punktów M', L', U', V', W', G' z punktów M, L, U, V, W, G szkicu geom. tymsamym sposobem, jak poprzód C' i F' z C i F, kreślimy z nich linie do punktów zbiegu a mianowicie z M', L', W' do z, z reszty zaś U', V', G' do z_{90} i uzyskujemy przez to wierzchołki b, l, h, f słupów *7*, *8* i *13*. Rysunek planu perspekt. należy następnie na podstawie miar figury geometrycznéj, z otrzymanych już punktów wychodząc i korzystając z pionowych podziałek nadbrzeżnych, w zupełności wykończyć, co przy znanym punkcie T_{90} trudności nastręczyć nie powinno. Z korzyścią dadzą się tu zużytkować własności przekątnych w kwadratach przestrzeni naw bocznych. Tak np. linia przechodząca przez wierzchołki l i b słupa *7* dąży do z_{45} na HH, a w jéj przecięciu się z linią łączącą wierzchołki b, b słupów *13* i *8* (która zmierza do z_{90}) znachodzimy już wierzchołek b filaru *2*. Podobnie posłużą przekątne w konstrukcyi dalszéj.

§. 224. I n n y s p o s ó b w y z n a c z a n i a p u n k t u w p l a n i e p e r s p e k t y w i c z n y m. Wierzchołek b słupa *13* w planie uzyskano według §. poprzedzającego z przecięcia się wyrysowanych najpierw linij $C'z$ i $F'z_{90}$. Sposób ten jakkolwiek bardzo dogodny, niezawsze da się zastosować. Gdyby się np. rozchodziło o przedmiot tak w fig. 226_a ułożony, żeby najbliższym tła wierzchołkiem był punkt a słupa *9*, to łatwo spostrzéc, że t e g o punktu w perspektywie sposobem wyż podanym nie wyznaczy. Da się wprawdzie znaleść tak prosta $L'L'_1$, na któréj on się mieści, gdyż w jéj przedłużeniu na RS znajdujący się punkt L wystąpi jako punkt L' w perspektywie jeszcze w obrębie linii PP, punkt Q zaś powstały na RS w przedłużeniu drugiéj krawędzi punktu a wypada w perspektywie daleko poza granicami rysunku.

Ażeby w tym razie miejsce, które punkt a słupa *9* na linii $L'L'_1$ planu perspekt. zajmie, wyznaczyć, kreślimy w figurze geometrycznéj linią $aE\perp RS$ i przenosimy punkt E w perspektywę sposobem znanym (odcinając na PP długość $A'E'=3\times AE$).

---

*) punkt F przypadkiem leży bardzo blisko punktu T_{90}.

Linia aE, w fig. 226_a geometrycznie prostopadła do tła, zajmie w perspektywie oczywiście położenie $E'A$ perspektywicznie prostopadłe do tła. W przecięciu się obu linij $E'A$ i $L'L'_1$ leży szukany punkt a. – Gdyby jednak i linii $L'L'_1$ z braku miejsca nie można wprost otrzymać, to i tak da się do punktu a dojść dokładnie. Leży on bowiem na wykreślonéj już linii $E'A$ za tłem w odległości, któréj trzecią część przedstawia długość aE rysunku geometrycznego. Odetniemy zatem długość tę trzykrotnie wziętą w perspektywie na linii $E'A$ od E' wychodząc w głąb, a to przeniesieniem na PP wymiaru $E'J = {}^3/_4 \times aE$ *) i poprowadzeniem linii $JD/_4$. Wyznaczy ona na $E'A$ punkt a.

Dogodnym bardzo jest także sposób następujący, którym otrzymano na rysunku punkt a słupa *14*. Kreśli się przez punkt ten promień $O/_3a$, który przetnie tło RS w punkcie α_1. Przedstawiając sobie nad promieniem tym wzniesioną płaszczyznę pionową, widzimy w niéj płaszczyznę, która przez oko $O/_3$ i pionową krawędź a słupa *14* przechodzi. Przetnie ona tło w linii pionowéj, która od punktu oka A, po prawéj jego stronie położona, posiada odległość $A\alpha_1$. Odległość tę przeniesiono w rysunek perspektywiczny do $A'\alpha'_1$ na PP ($A'\alpha'_1 = 3 \times A\alpha_1$) i wyrysowano w otrzymanym tak α'_1 linią pionową. Na niéj leży punkt a, a mianowicie w zagłębieniu, równającém się trzykrotnéj długości $a\delta_1$ z 226_a, jeżeli $a\delta_1 \perp RS$. Długość tę odcięto od dowolnego punktu R linii PP wychodząc w głąb do a_1 ($RN = {}^3/_4 \times a\delta_1$) i otrzymano w przecięciu się poziomej punktu a_1 z pionową punktu α'_1 szukany punkt a.

§. 225. Kreślenie właściwego sklepienia. Rozpoczyna się przyjęciem właściwéj linii podstawowéj P_1P_1. Horyzont dawny, który służył do wykreślenia planu, pominięto także, gdyż ze względu na przedmiot zdawał się być zawysoki. Przyjęto go o jednę kreskę środkowéj podziałki niżéj tak, że jest nim linia H_1H_1 przechodząca przez cyfrę *7*. Punkty C' i F' pomocniczéj linii podstawowéj przeniesiono liniami pionowymi do C i F właściwego rysunku. Proste, które z nich sposobem znanym do rządzących tu punktów zbiegu z_1 i z_{190} **) poprowadzono, przetną się w punkcie b', który już jest wierzchołkiem słupa *13* na właściwéj pł. podstawowéj. Proste te przetną uwidocznione poza brzegami rysunku pionowe w punktach y i x.

Dla poprawności i szybkości w wykonaniu rysunku dalszego potrzeba koniecznie pomocniczych podziałek nadbrzeżnych; podziałka środkowa ma zostać niezmienioną (jak w fig.

*) z trzykrotnego aE trzeba bowiem dla $D/_4$ wziąć czwartą część.

**) punkty $z^1/_3$ i $z^1/_{6}90$ leżą na H_1H_1 poniżéj punktów $z/_3$ i $z/_{6}90$ pierwotnie wyznaczonych.

215 i 216). Do tego należy odstęp między *y* a nowym horyzontem w stosunku takim podzielić, jaki na podziałce środkowéj na linii *b'7* występuje. Otrzyma się tak na linii *y7* punkty *7,6,5,4* przyczem odcinek *4y* ma zachować do części *45=56=67* taki stosunek, jaki zachodzi między odcinkiem *4b'* środkowéj podziałki a częściami jéj *45=56=67*. Uskutecznić to łatwo (§. 214). Tosamo dzieje się po lewéj stronie między punktem *x* a horyzontem. Dalsze części planu otrzymuje się za pośrednictwem planu pomocniczego przez wzniesienie w wierzchołkach tego ostatniego linij pionowych, jak np. w punktach *i,g, a,b,e,d* słupów *8* i *13* aż do odpowiednich linij planu właściwego. Można także użyć punktów *L* i *M*, pionowo nad *L'* i *M'* znajdujących się itd.

Z otrzymanych na planie wierzchołków najbliższego słupa *13* kreślimy teraz pionowe w górę, a na jednéj z nich obieramy w stosownéj (lub danéj) wysokości punkt, z którego się wyznaczy resztę wierzchołków w górnéj podstawie słupa. Tak przyjęto na pionowéj z wierzchołka *a'* punkt *a*. Linie z niego za pomocą podziałek środkowéj i obu brzegów do z_{90} i *z* poprowadzone, wyznaczą odcinki *ag* i *ab* pionowo nad *a'g'* i *a'b'* planu. Z *b* dąży linia *bc* (z lewéj strony słupa *hi*) do z_{90}, z *c* linia *cd* do *z*. Otrzymana tak figura *ihgabcd* stanowi kontur górnéj podstawy słupa; w niéj rozpoczyna się sklepienie. Po wykreśleniu podobnych pionowych z wierzchołków słupa *8* w planie można i między nimi takąsamę figurę *igabcd* uzyskać. Boki jéj *ag* i *bc* są przedłużeniami znakowanych taksamo i do z_{90} dążących boków figury poprzedniéj; łącząca punkty *a* i *b* linia *ab* jakoteż wychodząca z *c* prosta *cd* zmierzają do *z*.

Ze słupa *8* wyprowadzić łatwo wierzch słupa *7*, gdyż linie jego *cd* i *ab* są przedłużeniami takichże linij słupa *8*, a proste *ag* i *bc* dążą do *z*. Z trzech słupów *7,8* i *13* dochodzi się między pionowymi reszty słupów do podobnych figur. Otrzymawszy je wszystkie, przystępujemy do rysowania łuków sklepiennych.

Jak już z rysunku geometrycznego 226$_a$ widać, jest to sklepienie krzyżowe z podłęczami. Podłęcza te spoczywają na tych częściach słupów i filarów, których kontur stanowią prostokąty *ghab, bcdf, fekl, ljih*. (Widać je wszystkie w planie na słupie *7*). W rysunku wystąpią widocznie tylko pierwsze dwa. Z podłęczy przyjęto te, które się rozpinają nad większymi bokami prostokątów nawy główněj, jako kołowe, co do innych zaś, mają to być łuki równie wysokie, jak tamte pierwsze; postać ich zatem będzie z przyczyny, że posiadają wysokość większą niż połowa rozpiętości, — elipsą o pionowo położonéj większéj osi. Wykreślenie tych elips trudności jednak nie nastręczy, gdyż wysnujemy ich perspektywy z perspektyw kołowych łuków większych.

Rozpoczynając od podłęcza rozpiętego między słupami

8 i *13* nad przestrzenią *cdij* (w planie pomocniczym), rysuje się sposobem znanym półkole perspektywiczne nad średnicą *ci* (między słupami *8* a *13*), które w rysunku w całości wystąpi, następnie większe nad średnicą *bh*, które w rysunku widać w większéj połowie, bo od punktu *b* do *B*. W najwyższym swym punkcie *W* styka się ono z linią Wz_{90}; jest ono wpisane w półkwadrat pionowy *bbhh*.

Dla ułatwienia i zapewnienia rysunkowi dalszemu potrzebnéj dokładności wyznacza się teraz w wysokości punktu *W*, t. j. najwyższego punktu koła dopiero co wykreślonego, kwadraty kreskowane i znakowane cyframi *7*, *8*, *9*... *15*, *16*. Leżą one pionowo nad znakowanymi taksamo podstawami słupów planu i powstały z tych po opuszczeniu prostokątów, na których spoczywają podłęcza. Otrzymać je łatwo, gdyż na linii *Wb* dochodzi się zaraz do wierzchołków *b*, *h*, *b*, *h*, *b* filaru *2* i słupów *8* i *13*. Na liniach dążących z punktów tych do *z* wypadną wierzchołki *b*, *f*,.. *h*, *l*.. słupów *13*, *14*, *15*, *16* daléj *7*, *8*.., *11*, *12* niemniéj filarów *1*, *2*.. *5*, *6*. Przekątne jak *bl* między filarami *1*, *2*, *3*... i słupami *7*, *8*, *9*... dążą wszystkie do $z_{1,45}$ na H_1H_1.

Doszedszy do wszystkich tych kreskowanych kwadratów jakoteż kreskami wyszczególnionych linij przy ścianach, rysuje się w powstałych między nimi czworobokach linie przekątne. W całości uwidoczniono w rysunku tę parę, która łączy wierzchołki *f* i *h* słupów *8* i *14* jakoteż *b* i *l* słupów *9* i *13*. Leżą one pionowo nad otrzymanymi w planie przekątnymi prostokąta powstałego między słupami *8*, *9*, *13*, *14*. Punkt przecięcia się *w* w górze leży przeto pionowo nad punktem *w'* planu. Punkt ten *w* jest, jak już z perspektywy prostéj wiadomo, najwyższym punktem sklepienia krzyżowego, w którym się druty, do przekątnych stycznie przylegając, przecinają. Wszystkie punkty *w* nawy głównéj mieścić się muszą na linii, która z pierwszego punktu *w* do *z* dąży i także przez najwyższy punkt *W* wyznaczonego najpierw koła *bWh* przechodzi. Widać z nich tylko jeszcze ten, który najbliżéj tła tuż u górnéj ramy obrazu się znajduje i którego z braku miejsca dla całego prostokąta *fbh*. wprost otrzymać nie można, lecz tylko pośrednio wraz z zarysem większego łuku podłęcza, które zasklepia przestrzeń *gaek* (w planie) między słupami *7* i *8*. - Z koła *bWh* dochodzimy bowiem nad średnicą *bf* do elipsy, która jest zarysem wzmiankowanego podłęcza, szukając nasamprzód perspekt. środka *s* linii *bf* (w górze) między kwadratami *7* i *8*. Punkt ten *s* jest najwyższym punktem łuku podłęczowego, a linia z niego do z_{90} wyznaczy na prostéj *Wz* szukany najbliżéj tła położony punkt *w*. Linia łącząca punkt ten z wierzchołkiem *b* kwadratu *8* jest jedną, prosta zaś *fh* między *7* i *13* drugą przekątną powstałego tu prostokąta.

Aby dla elipsy *bSf* znaleść jeszcze więcéj punktów, obieramy na kole *bWh* punkt *l*. Pionowo pod nim na planie leży w linii *ci* (między słupami *8* a *13*) punkt *l'*. Linia stąd do *z* odcina na przekątnych *bw'* i *fh* punkty *I'* i I'_1. Pionowo nad nimi wypadną na linii *lz* punkty *I* i I_1. Są one już punktami drutów wznoszących się nad przekątnymi *bw'* i *fh*. Zmierzające z punktów *I'* i I'_1 planu linie do z_{90} wyznaczają na prostéj *bf* (między *8* i *7*) punkty *n'* i n'_1. Pionowo nad nimi mieszczą się w liniach, które z punktów *I* i I_1 drutów do z_{90} dążą, punkty *n* i n_1 szukanéj elipsy. Można ją teraz przez punkty *f*, n_1, *s*, *n*, *b* wykreślić tak, aby się w *f* i *b* z pionowymi tych punktów, w *s* zaś z linią *bf* stykała.

Podobnie jak punkty *I*, I_1 można, jeśli potrzeba, więcéj ich wyznaczyć jeszcze. (Po drugiéj stronie pionowo nad *I'* przekątnéj *fh* planu znaleziono także punkt *I* drutu). Następnie kreślimy krzywe drutów, pierwszą przez punkty *f*, I_1, *w*, *I*, *h*, drugą przez *b*, *I*, *w*... od ręki tak, aby w *f*, *h*, *b* z pionowymi tych punktów, w punkcie zaś *w* z przekątnymi *fh* i *bw* stykały się.

Na linii, która z najwyższego punktu *s* elipsy *fsl* do *z* zmierza, mieszczą się najwyższe punkty *s* elips głębiéj położonych; podobnie wypadną na prostych, które z otrzymanych punktów *I*, I_1 do *z* zmierzają, takieżsame punkty *I* dalszych drutów nawy głównéj. Dla uzyskania ich kreślimy w planie z punktów *I'*, I'_1 linie do *z* i wyznaczamy punkty *I'*.. ich przecięcia się z dalszymi przekątnymi między słupami *10*, *14* i *9*, *15*. Pionowe w punktach tych wyznaczą na prostych, już przez punkty drutów *I*, I_1 do *z* poprowadzonych, punkty *I*, I_1 drutów dalszych. Z nich powstają punkty *n* dalszych elips taksamo, jak na elipsie pierwszéj; leżą one wszystkie na prostéj, która przez punkty *n*, n_1 elipsy pierwszéj do *z* dąży. Konstrukcyą widać z rysunku. Elipsę nad średnicą *ae* podłęcza łączącego słupy *7* i *8* można z dostateczną dokładnością i od oka wykreślić.

Z podłęczy i drutów nawy głównéj przejść łatwo do naw bocznych. Z otrzymanych bowiem jak *fSb* podłęczy, między słupami *8* i *9*, *9* i *10*, *10* i *11*... dochodzi się do takichże między słupami *13*, *14*, *15*, *16* rozpiętych podłęczy, których punkty najwyższe jak s_2 na linii *fb* między *13* i *14* bezpośrednio wypadną. Punkty, jak np. *t* łuku tego otrzymamy na linii, która z punktu *n* łuku między *8* a *9* do z_{90} dąży. Punkt ten *t* leży pionowo nad *t'* planu, który powstał z przecięcia się linii *aa* między *13* i *14* z prostą, dążącą z punktu *n'* (między *8* a *9*) planu do z_{90}. Linia ta wyznaczy w przedłużeniu na przekątnéj aw'_2 punkt *III'*. Pionowo nad nim wypadnie punkt *III* drutu na prostéj *nt*. Z punktu tego powstanie punkt *u* łuku pionowo nad *u'* planu.

Dokładne rozejrzenie się w rysunku umożebni dokończenie konstrukcyi. Wszystkie podłęcza i druty przedłużono aż do górnéj ramy obrazu. Punkty *t*, *III*, *u* jakoteż *n*, *I*, *l* przed słupami *13* i *7* powstaną sposobem dotąd używanym, jak z rysunku wypływa. Przy kreśleniu podłęczy i drutów uwagę tylko zwrócić należy na to, że części bliższe zakrywają te, które głębiéj są umieszczone; rozróżnienie to przy pomocy planu nie może trudności sprawiać.

Pomiędzy słupami *8* i *9* występuje pionowo nad dotyczącymi wierzchołkami planu pomnik, który, jak tego u wstępu żądano, w całości widać. Pomnik w głębi zaś jako widome przedstawia krawędzie *s*, *t*, *w*.

§. 226. ***Sklepienie krzyżowe nad umiarowym sześciobokiem.*** Rozpatrywanie rysunku geometrycznego (fig. 227_a). Widać w téj figurze umiarowy sześciobok, który ma być nakryty sklepieniem krzyżowém. Całość przedmiotu unaocznia fig. 227; jest to rodzaj pawilonu. Na podbudowaniu, na które schodami dostać się można, mieści się część słupów o profilowanych bazach i kapitelach. Na nich wspierają się podłęcza okrągłe, między którymi sklepienie krzyżowe zawieszono. Fig. 227_a przedstawia geom. plan przedmiotu. Kreskowane koła wyobrażają przekrój poziomy słupów. Widać tu nadto grubość i rozpiętość podłęczy jakoteż przekątne sześcioboku przedstawiające druty sklepień krzyżowych, wreszcie wymiary i rozmieszczenie schodów.

Jeżeli przedmiot ten w perspektywie tak chcemy narysować, ażeby jak najkorzystniéj się przedstawiał, t. j. aby żaden ze słupów poza drugim się nie krył, to szukamy najstosowniejszego dla oka stanowiska sposobem szczegółowo w §§. poprzednich wyłożonym. Obrawszy tak punkt I_1, można się przez przykładanie krawędzi lineału przekonać, że stanowisko to byłoby nader dogodne, gdyż żaden ze słupów innegoby nie zakrywał. Chcąc jednak przedmiot cały na rysunku oddać, musiałyby promienie skrajne kąta widzenia mieć położenie linij I_1N, I_1f; wynikający przeto stąd kąt widzenia byłby kąt NI_1f, którego wielkość wynosi około 45 stopni. Kąt ten jako zaduży (§. 84) spowodowałby w rysunku perspektywę nagłą, nie odpowiadającą celom artysty.

Próba z punktem II_1. Widok stąd jest równie korzystny, a nawet kąt widzenia nie byłby już zaduży. Inna jednak okoliczność niekorzystnie tu wpływałaby, a mianowicie ta, że punkt II_1 leży dokładnie w przedłużeniu linii ll_1, która przez środek *o* figury całéj przechodząc, dzieli ją na dwie symetryczne połowy. Linia II_1ll_1 byłaby w tym razie głównym promieniem widzenia, rysunek wyniknąłby po obu stronach punktu *A* zupełnie symetryczny, a ściany *ab*, *ed* a więc i łuki między *12* a *45* byłyby równoległe do tła. Widok taki byłby raczéj wi-

dokiem w perspektywie prostéj; chcąc go tu uniknąć, obrano stanowisko w punkcie III_1. Widok stąd jest korzystny, a kąt widzenia $MIII_1N_1$ nie dochodzi cyfry 40 stopni, jakkolwiek się do niéj zbliża.

Przepołowiwszy kąt ten linią III_1A i ustawiwszy tło jak wiadomo do III_1A prostopadle, uzyskano w linii RS wymiar płaszczyzny rysunkowéj. Ponieważ wymiar ten w szerokości obrazu PP fig. 227 znowu trzy razy się mieści, znakowano punkt III_1 symbolem $O/_3$ i wykreślono przezeń linią do bc i fe równoległą. Punkt jéj przecięcia się z tłem otrzymał znak $z/_3$. Prostopadła do $O/_3z/_3$ linia prosta, która nie wypadnie równolegle do żadnéj z krawędzi sześcioboku, a tylko do linij bf i ce, nie przecina tła w obrębie rysunku. Otrzymamy zatem tylko punkt $z/_{6^{90}}$. $(O/_6z/_{6^{90}}//bf)$. Punkt ten, jakkolwiek nie jest punktem zbiegu żadnéj z krawędzi sześcioboku, jest mimo tego niemniejszéj donioshości, gdyż prócz linij bf i ce wyznacza on także perspekt. kierunki ważnych w rysunku linij jak gg_1, mm_1, hh_1 i wszystkich z nimi równoległych. Prócz punktów $z/_3$ i $z/_{6^{90}}$ wynaleść jeszcze potrzeba punkt zbiegu prostych jak ii_1, kk_1 i z nimi równoległych, gdyż one w rysunku równie ważne mają przeznaczenie. Kreślimy przeto przez $O/_3$ promień równoległy do ii_1; przecina on tło w punkcie znakowanym symbolem $z/_{3^{30}}$, gdyż kierunek ii_1, tensam co kierunek bd, zamyka z kierunkiem boku bc, którego punktem zbiegu jest $z/_3$, kąt 30 stopni. Odległość $Az/_{3^{30}}$ odcięta na RS jeszcze dwa razy, dostarczy całego punktu zbiegu z_{30} dla prostych jak bd, gg_2, ii_1, ll_1... W końcu otrzymano jeszcze przeniesieniem długości $z/_{6^{90}}O/_6$ na RS punkt $T/_{6^{90}}$, a z niego cały punkt dzielenia T_{90} sposobem znanym.

§. 227. **Rozpatrywanie rysunku perspektywicznego.** Rozpoczyna się ono przeniesieniem punktów zbiegu i dzielenia z rysunku geometrycznego. Punkty z_{30}, $z/_3$ (z niego $z/_2$) i T_{90} przyjęto na horyzoncie po prawéj stronie punktu A, resztę zaś punktów po lewéj. Prócz nich występuje w pobliżu brzegu punkt $D/_3$. Kreśląc następnie plan perspektywiczny, szukamy przedewszystkiém punktów a' i b' najbliższych tła, które punktom a i b planu geom. odpowiadają. Używamy do tego sposobów w §. 224 podanych a dogodnych wtedy, jeżeli się nie ma punktów na samém tle lub nie chce z nich korzystać.

Wykreślono przeto z wierzchołów a i b szkicu linie prostopadłe do tła i otrzymano na niém punkty α i β. Odległości $A\alpha$ i $A\beta$ odcinamy od punktu A' pomocniczéj linii podstawowéj P_1P_1 (leży on pionowo pod A) pierwszą po lewéj, drugą po prawéj stronie po trzykroć i łączymy uzyskane tak punkty z punktem A. Na powstałych liniach $A\alpha$ i $B\beta$ odcięto w głąb trzykrotną długość $a\alpha$ i $b\beta$ z planu geom. (za pomocą punktu $D/_3$) i uzyskano tak punkty a' i b' w perspektywie. Z wierzchołka b' poprowadzono krawędź $b'c'$ do z sposobem znanym

i urządzono na pionowych $b'w_3$ i x_4w_4 pomocnicze podziałki, służące do kreślenia wszystkich z linią $b'c'$ perspekt. równoległych prostych *). Punkt c sam wypadnie na prostéj $b'x_4$ i pionowéj wzniesionéj w punkcie γ linii P_1P_1. (Punkt ten γ odpowiada punktowi γ figury geom. otrzymanemu na RS przez wykreślenie promienia $O/_3c$. Powstały tak na RS odcinek $A\gamma$ przenosi się trzykrotnie na $A'\gamma$ linii P_1P_1, §. 224).

Dla otrzymania punktu f' w perspektywie pamiętać wypada, że kierunek linii bf planu geom. odpowiada punktowi zbiegu z_{90}. Rysuje się przeto przez b' planu perspekt. linią do z_{90} (za pomocą $z/_{6^{90}}$) i szuka na nim punktu f' tak, jak poprzód na linii $b'x_4$ punktu c'. (Długość $A'\varphi$ na P_1P_1 równa się trzykrotnéj długości $A\varphi$ na RS, linia $\varphi f'$ jest pionowa). W przedłużeniu linii $a'f'$ **) przyjęto punkt x, poczem wykreślono pionowe $a'w_2$ i xw, na których urządzono znowu podziałki służące do prowadzenia linij perspektywicznie do $a'f'$ równoległych. Jeszcze narysowano podziałkę na lewym brzegu rysunku. Wychodzi ona z punktu x_1, w którym linia $b'f'$ brzeg ten przetnie, i służy razem z podziałką na $b'w_3$ do kreślenia linij tego kierunku, co prosta $b'f'$. Brakujące jeszcze punkty e' i d' leżą na liniach $a'e'$ i $b'd'$ dążących do punktu zbiegu z_{30} (ob. szkic geom.); punkt e' zarazem na prostéj $c'e'$ równoległéj do $b'f'$, która się za pomocą podziałek $b'w_3$ i x_1w_1 poprowadzić da, obie proste $a'z_{30}$ i $c'z_{90}$ wyznaczą więc punkt e'. (Otrzymano go na rysunku także z przeniesienia punktu ε na P_1P_1 i odcięcia na prostéj εA głębokości $3\times\varepsilon e$ z fig. geom.) Punkt d' powstał na prostéj $b'z_{30}$ w zagłębieniu $3\times d\delta$ za tłem, co w rysunku uwidoczniono.

Otrzymawszy obwód sześcioboku, kreślimy jego przekątne a następnie wyznaczamy w nim proste mm_1, ll_1, jj_1 łączące środki przeciwległych boków. Na dążącéj do z_{90} linii mm_1, któréj punkt dzielenia T_{90} cały w obrębie rysunku się mieści, najłatwiéj będzie otrzymać punkty r i t jako należące do płyty, na któréj słupy ustawiono. Przedłużamy do tego $T_{90}m$ do m' na P_1P_1, odcinamy wymiary $m'r'=3\times mr$ i $m't'=3\times mt$ (z 227.) i łączymy punkty t' i r' z T_{90}. Uzyskawszy tak na mm_1 punkty r i t, kreślimy z nich linie do z (za pomocą podziałek $b'w_3$ i x_4w_4) i wyznaczamy na przekątnych $b'e'$ i $c'f'$ punkty *1*, *1'* i *6*, *6'*. Z nich łatwo dostać resztę wierzchołków *2*, *2'*, *3*, *3'*, *4*, *4'*, *5*, *5'*. Podzieliwszy teraz linią $b'c'$ w tymsamym stosunku, jaki na odpowiadającéj jéj linii bc planu geom. występuje (jak w §. 214 linie al, al planu perspektywicznego), dochodzi się na niéj do punktów g i h, które również łatwo na innych bo-

---

*) Ponieważ tu horyzont planu pomocniczego jest zarazem horyzontem właściwéj figury, to nie potrzeba podziałek innych.

**) dąży ona zarazem, jak z planu geom. łatwo się przekonać, do punktu zbiegu z_{60}, którego trzecią część $z/_{3^{60}}$ na horyzoncie zamarkowano.

kach sześcioboku otrzymać. (Proste hh_2 i gg_2 idą do z_{30}, gg_1 i hh_1 do z_{90} etc.) Złoży się tym sposobem cały plan perspektywiczny wraz z kołami w jego środku, które odpowiadają kołom planu geometrycznego *).

Obrawszy dla rysunku głównego linią podstawową *PP*, rysuje się pionową $\alpha\alpha_1$, daléj $\alpha_1 A$, na któréj pionowo nad a' wypadnie wierzchołek a. Podobnie dochodzi się do b. Z a kreślimy linią af za pomocą podziałek $a'w_2$ i xw, z b zaś krawędź bc do z. Po wyrysowaniu podbudowania wraz ze stopniami i płytą *3216*.. wyznacza się podstawy *zsuv*, *ilnr*... słupów. Słupy same po przyjęciu ich wysokości rysuje się tak, jak w fig. 224 i 225. Krawędzie poziome *nr*, *uv*... ich baz (i odpowiadające im po drugiéj stronie) niemniéj pionowo nad nimi mieszczące się krawędzie kapitelu dążą do z_{30}; inne znowu, jak *il*, *zs*.., są równoległe do *af* etc. Wspierające się na słupach podłęcza kołowe wykreśla się sposobem znanym i uwidocznia jednocześnie nad sześciobokiem *1'2'3'4'5'6'* planu sześciobok *123456* w górze; boki jego są styczne do w i ę k s z y c h wewnętrznych łuków podłęczowych. Po wykreśleniu także wewnętrznych łuków m n i e j s z y c h dzieli się każdy z nich na 13 kamieni, z pomiędzy których zaworniki kształtem swym wybitnie się odróżniają. Stosugi spojenia, jak *ab*, *cd*, *ef*... w różnych podłęczach schodzą się w dotyczących środkach kół, stosugi łożyskowe zaś bb_1, dd_1, ff_1.. dążą do odpowiednich punktów zbiegu. Tak np. zmierzają stosugi najbliższego i najdalszego podłęcza do z_{30}, stosugi łuków rozpiętych nad *1'6'* i *3'4'* do punktu wyznaczonego podziałkami $b'w_3$ i x_1w_1.

Poprowadzone w górnym sześcioboku *123456* przekątne są styczne do wypadających tu w liczbie sześciu drutów sklepień krzyżowych, o których wykreślenie teraz rozchodzi się. Przyjęto w tym celu na kole większém podłęcza najgłębiéj położonego punkty p_1 i q_1 w linii *mn* równoległéj do boku *45* sześcioboku u góry. Pionowo pod nimi leżą na planie w linii *4'5'* punkty p'_1, q'_1; wychodzące z nich proste do z_{30} wyobra-

*) Nie zbyteczném tu będzie przypomnieć, jak odciąć na danéj linii o dowolnym kierunku pewne długości bez pomocy jéj punktów zbiegu i dzielenia. Chcemy otrzymać na linii jj_1 długości jx' i jy' odpowiadające wymiarom *mr* i *mt*, które na linii mm_1 za pomocą punktu T_{90} odcięto. Sposób wykreślny wyjaśniono szczegółowo w §. 197 tak, że tu wyliczy się tylko następujące po sobie konstrukcye: Obrano na jj_1 dowolny punkt v i poprowadzono linią *Av* aż do V na pozioméj punktu j. Na téjże pozioméj wyznacza prosta $D/_3v$ punkt V_1. Na pionowéj punktu V odcinamy $VW=3\times VV_1$ i kreślimy prostą jW. Prosta $D/_3j$ wyznacza na P_1P_1 punkt J, odcinki JM i JK równają się odcinkom $m'r'$ i $m't'$. Proste $D/_3M$ i $D/_3K$ przetną poziomą punktu j w punktach M_1 i K_1. Długości jM_1 i jK_1 przenosimy do jM_2, jK_2 na jW i spuszczamy z M_2,K_2 prostopadle do jV. Powstałe tu punkty x i y łączymy z punktem A liniami prostymi, które na jj_1 żądane punkty x' i y' wyznaczą. Co do okoliczności, śród jakich sposób ten z korzyścią użyć się da, obacz wyżéj powołany §.

żają w planie krawędzie beczułkowego sklepienia łączącego najdalsze z najbliższém podłęczem. Proste te przetną przekątne *b'e'* i *a'd'* sześcioboku w punktach *I'*, *I'*, *I'*, *I'*. Pionowo nad nimi wypadną na liniach $z_{30}p_1$ i $z_{30}q_1$ punkty *I*, *I*, *I*, *I* drutów. Z punktów tych *I*,*I*, które w głębi leżą, wychodzą widome dla oka krawędzie Ip_2, Iq_2 beczułek sklepiennych, które łączą podłęcza *34* i *16* jakoteż *56* i *23*. Brakujące jeszcze punkty drutów, które się mieszczą pionowo nad punktami *I'*,*I'* przekątnéj *3'6'*, uzyska się z uwagi, że tak jak wszystkie punkty *I'*, *I'*.. w planie tworzą umiarowy sześciobok, tak i punkty *I*, *I*.. na drutach takąsamę figurę utworzyć muszą. Rysujemy przeto z punktów *I*, *I* w głębi linie równoległe do boków *56* i *43* sześcioboku u góry i odcinamy na nich pionowymi z dotyczących punktów *I'*, *I'* planu brakujące jeszcze punkty. Oba wypadną w miejscach dla oka niewidzialnych. Druty same wykreśla się od ręki a to tak, aby każdy w punkcie wyjścia stykał się z pionową tegoż punktu, w punkcie *o* zaś z tą przekątną, pod którą leży. Rysunek to dokładnie przedstawia.

Jeżeli koło w planie ma być rzutem latarni, to walcowa jéj powierzchnia przecina podniebienie sklepienia w linii, składającéj się z sześciu części krzywych, które się na drutach załamują. Punkty *1*,*2*,*3*,*4*,*5*,*6* na tych drutach znajdują się pionowo nad punktami *1'2'*..*6'*, w których przekątne sześcioboku w planie koło większe przetną. Inne punkty, jak np. *7* między *6* i *1* a *10* między *3* i *4* mieszczą się na linii yy_1 (pionowo nad $y'y'_1$ planu) a to w pionowych, które w punktach *7'*,*10'* planu wzniesiono. Taksamo *12* i *9* na linii tt_1. Można przeto krzywe te linie od ręki wyznaczyć; w nich rozpoczyna się latarnia.

Gzyms główny ponad sklepieniem wspiera się na zawornikach podłęczowych i prócz tego na kroksztynach narożnych. Nad nim wznosi się dach, na który składa się sześć części walcowych, schodzących się w punkcie *s*. Liniami przecięcia się tych walców pomiędzy sobą są elipsy, częścią widome, częścią jak punkt *s* niewidome. Nad dachem występuje latarnia o sześciu ścianach, przebitych otworami sklepionymi *).

C) Sklepienie kuliste.

Powierzchnię kuli można na podstawie uwag przy konstrukcyi koła (§. 202) wypowiedzianych przedstawić zawsze sposobami wykreślnymi, których dostarcza perspektywa prosta, gdyż zawsze da się przy jakiémkolwiekbądź położeniu tła wyznaczyć na kuli południk do tła równoległy tak, że sposób

*) Przykład ten wyjęto z dzieła: »Perspective contenant la théorie et practique d'icelle« par Sam. Marolois 1614. Przerobiono nieco i wykreślono poprawniéj. Jest to tablica 17 wspomnianéj książki, do któréj text obejmuje wszystkiego 9 wierszy. (Ob. uwagę do §fu 209).

konstrukcyi perspektywy kuli, podany w §. 159 prowadzi zawsze do celu. Rozpatrywane zatem w perspektywie prostéj przykłady, odnoszące się do kreślenia sklepień kulistych, zupełnieby wystarczyły, gdyby nie okoliczność, że na podniebieniach takich sklepień, zwłaszcza przy budowach wytworniejszych, występują częstokroć kasetony zwykle kwadratowe, nieraz sześcio- lub ośmiokątne. Wykreśleniem ich zajmują się następujące §§.

§. 228. Rozpatrywanie rysunku geometrycznego (fig. 228_a). Dolna jego część przedstawia widok na podniebienie bani, wystąpią tu przeto kasetony, które się w miarę oddalania od brzegu zmniejszają. Zarysami ich są koła, spółśrodkowe z zarysem kuli. Górna część rysunku geom. przedstawia przekrój przez środek kuli (jak w fig. 166_a) tak, że ćwierćkole $r''12..w$ jest częścią południka kuli, linie zaś poziome $1a, 2c, 3f..$ przedstawiają jéj równoleżniki. Są to zarysy kasetonów, odpowiadające wzmiankowanym powyżéj kołom rysunku dolnego; linie krzywe zaś, jak $q_1q_2q_3q_4q_5q_6, p_1p_2..$ zamykające kasetony z boku, są południkami kuli i odpowiadają wykreślonym w części dolnéj fig. 228_a prostym $p_1o', q_1q_2..o', p_1p_2o'..$

Sposoby, jakimi się do podziału podniebienia bani na kasetony w rysunku geometrycznym dochodzi, są rozmaite, sposób tu podany należy do najdogodniejszych *).

Dzielimy przedewszystkiém zatoczone w dolnéj części promieniem $r'o'$ koło, które zarys kuli przedstawia, na części pq, $qp, pq..$ występujące na przemian; większe przedstawiają szerokość kasetonów, mniejsze odstępy ich pomiędzy sobą; punkt r' niech połowi długość pq. Z punktów $p, q, p..$ kreśli się następnie do środka koła o' linie proste, które już kontury kasetonów stanowią. Dalej przenosimy szerokość qp odstępu międzykasetonowego do sn (tak, żeby r' i odstęp sn połowił), przedłużamy $o'r'$ poza obwód koła i rysujemy promienie $o'p, o'n, o's, o'q$, przedłużając je również poza obwód koła największego. Teraz wznosimy w dowolnym punkcie a promienia $o'r'$ linią pionową ax i zataczamy z punktu a jako środka obydwa koła k i K tak, ażeby k stykało się z liniami $o's$ i $o'n$, K zaś z liniami $o'p$ i $o'q$.

Przystępując do części górnéj rysunku geom., obieramy na kole $r''w$ punkt 1 dowolnie, lecz niezbyt wysoko, i uważamy poziomą $1a$ przezeń wykreśloną jako równoleżnik, którym najniższy rząd kasetonów się rozpoczyna. Przedłużywszy następnie promień $o''1$ aż poza pionową ax, zataczamy stykające się z prostą $o''1$ koło, równe wielkością większemu kołu K figury dolnéj. Środek jego b leżeć ma na pionowéj ax i wynajduje się łatwo.

---

*) Wyjęto go z dzieła: Germano Wanderley »Die Construction in Stein« Leipzig 1878 str. 361—364.

Do otrzymanego tak koła *K* prowadzimy następnie z punktu *o''* drugą jeszcze styczną, która ćwierćkole *r''w* kuli przecina w punkcie *2*. Pozioma *2c* jest równoleżnikiem, którym się najniższy rząd kasetonów kończy.

Na linii *ax* szukamy teraz punktu *c* tak, aby zatoczyć z niego można koło, równe wielkością mniejszemu kołu *k* figury dolnéj a stykające się z linią *o''2*; druga z punktu *o''* do tego koła wykreślona styczna wyznacza na ćwierćkolu *r''w* punkt *3*. Pozioma *3f* jest równoleżnikiem dolnym dla drugiego rzędu kasetonów. Następujące koło *K* o środku *d* styka się znowu z linią *o''3*, a wykreślona doń z punktu *o''* druga styczna odetnie na kole *r''w* punkt *4*; pozioma *4h* przedstawia zamykający drugi rząd kasetonów równoleżnik. W takisam sposób powstały jeszcze punkty *5* i *6* a otrzymać ich można, ile potrzeba. Pamiętać tylko należy, aby poziomych rzędów nie było zawiele, t. j. aby kasetony rzędów górnych nie wypadły zadrobne*).

Głębokość wcięcia kasetonów wyznacza się również tak, ażeby górne mniéj były wcięte od większych dolnych; zatacza się w tym celu ze środka *u*, niżéj cokolwiek niż *o''* położonego, koło o stosownym promieniu ut_1 **), które wykreślone poprzednio promienie *o''2,o''3,o''4*.. przecina w punktach t_2,t_3,t_4.. Łuki t_1t_2,t_3t_4... stanowią przeto granice wcięcia.

Chcąc w rysunku geom. zarysy kasetonów uwidocznić, spuszczamy nasamprzód z punktów *1,2,3,4,5,6* koła *r''w* pionowe aż do promienia *o'r'* figury dolnéj i zataczamy następnie ze środka *o'* promieniami *o'1,o'2,..o'6* koła, które są widokami równoleżników, jak nam się one, z dołu widziane, na podniebieniu bani przedstawiają. Koła te znaczymy wybitnie tylko między promieniami *o'p,o'q*.. w odcinkach, jak $p_1q_1,p_1q_1..p_2q_2..p_3q_3$; zamykają one razem z wymienionymi promieniami czworoboki nieprostokreślne, jak $p_1q_1p_2q_2$.., które zarys kasetonów w widoku z dołu tworzą. Kontur ich w rysunku górnym otrzyma się przez wzniesienie w punktach p_1,q_1,p_1,q_1.. pierwszego równoleżnika linij pionowych aż do p_1,q_1,p_1,q_1.. pozioméj *1a*, następnie takichże pionowych w wierzchołkach $p_2,q_2,p_2..,p_3,q_3..,p_4,q_4$.. równoleżników dalszych, aż do punktów $p_2,q_2..,p_3,q_3,..p_4,q_4$.. prostych poziomych *2c,3f,4h*.. w figurze górnéj. Linie krzywe łączące wszystkie punkty q_1,q_2,q_3,q_4,q_5,q_6 są, jak wiadomo (§. 161), południkami kuli i zamykają wraz z wzmiankowanymi poziomymi *1a,2c*.. kontur kasetonów w rysunku górnym.

Aby jeszcze w obu częściach fig. 230_a uwidocznić wcięcia kasetonowe, kreślimy przez t_1,t_2,t_3,t_4 części górnéj linie poziome t_1b,t_2d,t_3g.., są one oczywiście równoleżnikami *téj* kuli, któréj

---

*) Na kopule Panteonu w Rzymie jest poziomych rzędów pięć.

**) ut_1 przedstawia dowolny a stosownie wzięty wymiar wcięcia kasetonów najniższych.

środkiem jest punkt u. Ponieważ krawędzie w narożach kasetonowych są normalnymi powierzchni kulistéj, która podniebienie bani stanowi, to należy połączyć punkty wszystkich równoleżników tegoż podniebienia z jego środkiem. Tak wykreślono z punktów q_1, p_1, q_1, p_1.. równoleżnika $1a$ linie do o''. Przecinają one poziomą $t_1 b$ w punktach t_1, v_1, t_1, v_1... Podobnie wyznaczą proste, które z wierzchołków p_2, q_2.. równoleżnika $2c$ do środka o'' dążą, na pozioméj $t_2 d$ punkty t_2, v_2, t_2, v_2.. W takisam sposób powstaną na pozioméj $t_3 g$ punkty t_3, v_3... Krzywe łączące punkty $t_1, t_2, t_3 .., v_1, v_2, v_3$.. stanowią granicę wcięcia. W figurze dolnéj widać jeszcze części kołowe konturu wcięcia, promienie kół tych są to oczywiście wymiary dt_2, kt_4.. itd.

§. 229. Rozpatrywanie rysunku perspektywicznego. Polega on na przedstawieniu perspektywicznêm wynalezionych w rysunku geom. południków i równoleżników. W tym celu przyjęto w fig. 230 linią poziomą rr, w niéj punkt o i zatoczono z niego nad rr półkole tak wielkie jak koło $r''w$ fig. geom. Przedstawia ono równoległy do tła przekrój bani, na któréj podniebieniu kasetony występują. Ze środka o poprowadzono następnie linią do punktu oka A (leży on w pobliżu dolnego brzegu w obrębie fig. 231_b) i odcięto na niéj za pomocą $D/_2$ (tuż obok lewego brzegu fig. 231_a) długość promienia. Otrzymano tak punkt R, poczém wykreślono sposobem znanym perspekt. półkole poziome rRr. Stanowi ono razem z półkolem pionowém rwr kontur połówki bani.

Na koło rwr przenosimy teraz z fig. geom. punkty $1,2,3, 4,5,6$, a to na obie jego ćwiartki, i zataczamy następnie ze środka u (przeniesionego tu również z fig. geom.) koło $t_1 t_2 t_3 .. t_6$.., którego promień ut_1 niemniéj z fig. 230_a wzięto. Między obydwoma kołami rwr i $t_1 t_2 .. t_6$.. występujące krótkie linie $1t_1, 2t_2, 3t_3$... schodzą się wszystkie w środku o. Narysowane następnie proste poziome $11, 22, 33$.. są średnicami, a punkty a, c, f, h.. ich przecięcia się z pionową ow środkami perspektywicznych równoleżników, które za pomocą punktów A i $D/_2$ sposobem znanym wykreśla się (jak w fig. 166_e). Punkty A, C, F, H.. są kończynami ich, do punktu oka dążących średnic. Równoleżniki te stanowią częściowy kontur kasetonów.

Ażeby uzyskać na nich punkty $p_1, q_1 .., p_2, q_2 .., p_3, q_3 ..$, przyjmujemy poniżéj średnicy rr linią pomocniczą $r'r'$, na niéj pionowo pod o punkt o', a na prostéj $o'A$ punkt R' pionowo pod R. Koło $r'R'r'$ jest teraz takiesamo, jak rRr, tylko niżéj położone. Na średnicy $r'r'$ otrzymujemy punkty $1,2,3$... pionowo pod punktami $1,2,3$.. koła rwr. Narysowane perspekt. koła poziome o średnicach $11,22,33$.. mieszczą się pionowo pod otrzymanymi poprzednio równoleżnikami na kuli. Dzielimy teraz koło $r'R'r'$ sposobem znanym na takie części, jak to one między punktami p, q, p, q.. koła w dolnéj części fig. 230_a występują,

łączymy powstałe tak na $r'R'r'$ punkty $p,q,p,q..$ ze środkiem o', przez co na kołach dalszych dochodzi się do punktów $p_1,q_1..$ $p_2,q_2..$, $p_3q_3..$ Wzniesione we wszystkich tych punktach pionowe wyznaczą na dotyczących równoleżnikach bani takiesame punkty $p,q..,p_1q_1..,p_2q_2...$ Krzywe łączące wszystkie punkty $p_1.p_2.p_3..$, $q_1.q_2,q_3..$, są perspektywicznymi południkami kuli i zamykają wraz z istniejącymi już równoleżnikami kontur kasetonów na podniebieniu.

Do zupełnego ich wykreślenia brakuje jeszcze wcięcia. Otrzymuje się je przez perspekt. wyznaczenie kół poziomych, których średnicami są linie t_1t_1, t_2t_2, $t_3t_3..$ a środkami punkty b,d,g pionowéj ow. Krótkie linie proste, zmierzające do środka o kuli, jak $t_1q_1, v_1p_1..$, $t_2q_2..$, w dolnym rzędzie kasetonów, daléj takieżsame linie $q_3t_3,p_3v_3..$ i $q_5t_5,p_5v_5..$ w drugim i trzecim rzędzie należą również jeszcze do wcięcia, a wykreślone od ręki linie krzywe $t_1t_3t_5..$, $v_1v_3v_5..$ zamykają zarys jego wewnątrz.

Taki sposób postępowania zapewnia prócz poprawnego rozdziału także i dokładny rysunek kasetonów. U góry uwidoczniono jeszcze otwór latarni, w podobnych razach często występującéj.

Gdyby kasetony były ośmiokątne, to najlepiéj rozpocząć od kwadratowych; następnie można naroża kwadratów ściąć od ręki i oka, posługując się oczywiście także równoleżnikami i południkami, które przez otrzymać się mające wierzchołki ośmioboków przechodzą. Konstrukcya sama trudności żadnéj nastręczyć nie powinna.

XXVIII.

Momenta artystyczne.

§. 230. Nieco jeszcze o perspektywicznéj jedności. W myśl §[fu] 177 przedstawiono w figurach 231_a, $_b$, $_c$, $_d$ poszczególne w różnych warunkach uzyskane szkice. W fig. 231_a widać szkic przedmiotu w kształcie wazy ustawionéj na pł. podstawowéj; rysunek wykonany w perspektywie prostéj nie posiadałby wartości artystycznéj, gdyby miał tworzyć całość, a to dla niewłaściwego położenia punktu A. Fig. 231_b, wyjętéj z dzieła Schreibera „Lehrbuch der Perspective", a przedstawiającéj wykusz (erkier) zamku heidelberskiego, również wartości artystycznéj przyznać nie można. Fig. 231_c wzięta z drobnymi zmianami z małego stalorytu, jest widokiem perspektywicznym domu Petrarki w Arqua. Rysunkowi temu, pomijając może na razie względy na perspektywę powietrzną, artystyczną wartość przypisaćby należało. Fig. 231_d jest widokiem obelisku w rzucie geometrycznym.

Dodana każdéj z tych figur postać ludzka jest miarą wielkości; za pomocą niéj można je tedy łatwo w rysunek jeden,

we właściwych im stosunkach rozmiarowych ugrupować. Składają się one na całość figury 231 i występują w niéj oczywiście tak, jak tego perspektywiczna jedność wymaga.

Po obraniu zatem horyzontu*) a w jego środku punktu *A***) umieszczono po obu jego stronach w jednakowéj odeń odległości wazy z fig. 231_a. Przedstawiają się one teraz także w perspektywie prostéj, a punkt oka *A* występuje względem każdéj właśnie tak, jak w fig. 231_a. Różnica polega tylko na wielkości, gdyż w obrazie fig. 231 występują obie wazy o tyle mniejsze, o ile tego wymiar przedstawionéj tam postaci ludzkiéj wymaga. Warunkom artystycznym czynią jednak zadość, gdyż tworzą część tylko całości, a ważny w całym obrębie kompozycyi punkt *A* zajmuje jéj środek, a więc właściwe sobie miejsce.

Wykusz z fig. 231_b przedstawia się w zmienionéna nieco położeniu, mianowicie wyżéj nad horyzontem niż w fig. 231_b, a więc w zupełności przerysowany i podparty jeszcze konsolem i wyskakującym z naroża filarem.

Co do fig. 231_c, to znaczne na niéj przedsięwzięto zmiany. Schody z lewéj jéj strony opuszczono, natomiast wprowadzono przy lewym brzegu obrazu schody inne (w perspektywie prostéj), które z jednéj strony przypierają do muru, z drugiéj zaś posiadają poręcze. Schody te prowadzą na szeroki balkon otwarty, w którego narożu występuje wzmiankowany wykusz; dalszy ciąg balkonu balustradą otoczonego łączy się z werandą domu, który jednak tu z innéj widać strony, niż w fig. 231_c. Na ścianie jego szczytowéj przedstawiono jeszcze balkon spoczywający na konsolach. Część tę obrazu wykonano w perspektywie skośnéj o tymsamym oczywiście punkcie *A* i horyzoncie; położenie punktów zbiegu łatwo wyznaczyć.

Obelisk z figury 231_d występuje na bliższym niż reszta przedmiotów planie; ściany jego nie są równoległe do żadnéj ze ścian domu lub wykuszu, krawędzie jego mają przeto inne aniżeli krawędzie przedmiotów tamtych punkty zbiegu. Przedstawia on się tu w porównaniu z figurą 231_d znacznie większy, stosownie jak tego wymiar postaci ludzkiéj, służący za jednostkę miary, wymaga. Umieszczono go na okrągłéj, kamieniami wyłożonéj podstawie.

Co się tyczy muru, zamykającego przestrzeń w głębi, to położona na obrazie w pobliżu jego lewego brzegu ściana posiada kierunek zagłębienia, krawędzie jéj dążą przeto do *A*. Ściana następna muru równoległą jest do oświetlonéj ściany domu mieszkalnego, krawędzie zatem obu tych ścian posiadają

*) nie widać go wprawdzie, lecz można go łatwo wyszukać jako linią poziomą, na któréj się równoległe między sobą proste zbiegają.

**) również nieuwidocznionego.

wspólne punkty zbiegu. Kąt, jaki przeto obie części muru między sobą zamykają, nie jest prosty, lecz ostry, mniejszy od prostego, co rysunek dosadnie uwydatnia.

Trzecia część muru nie jest ze ścianą szczytową domu równoległą, punkty zbiegu krawędzi obu tych ścian nie są przeto wspólne, jakkolwiek zawsze na horyzoncie. Część czwarta zajmuje, jak łatwo spostrzéc, równoległą do tła pozycyą. Pociąga to za sobą poziome (równoległe do ram obrazu) położenie krawędzi jego, daléj jednakową geometrycznie wysokość obu wieżyc, niemniéj równe geometrycznie wymiary zębów, jakoteż wreszcie kołową formę zasklepień występującego z muru gzymsu, który zęby niejako podpiera. Na reszcie ścian muru nie są zęby geom. równo szerokie, a zasklepienia przedstawiają się w formie eliptycznéj. Ściana ostatnia jest znowu do oświetlonéj ściany domu równoległa.

§. 231. Z obrazu odcina się częstokroć pas z dołu. Przedstawiony fig. 231 rysunek nastręcza sposobność do jednéj jeszcze uwagi. W §. 180 rozpatrywano sprawę, według czego ocenić stosunek rozmiarowy, jaki między występującymi na obrazie przedmiotami a ich rzeczywistą wielkością w naturze zachodzi. Doszło się tam do rezultatu, że najstosowniéj za miarę w tym względzie przyjąć figurę ludzką, któréj przeciętną wielkość naturalną znamy, i według niéj stosunek ten ocenić. Z tego wypadło, że figurę na obrazie przesunięto najprzód aż do tła, ażeby stopa jéj dotknęła linii podstawowéj czyli dolnéj krawędzi obrazu; stosunek zmierzonéj wtenczas wysokości względem naturalnéj wyniosłości człowieka jest właśnie stosunkiem wymiarowym między obrazem a rzeczywistością.

Na podstawie tego mamy orzéc, w jakim stosunku rozmiarowym do rzeczywistości zostaje obraz fig. 231. Ustawiona w pobliżu prawego brzegu postać niewieścia dotyka niemal stopą dolnéj krawędzi obrazu, wymiar jéj mógłby więc wprost służyć za podstawę porównania. Wynosi on około 4 *cm*, która to cyfra w naturalnéj wysokości człowieka (około 160 *cm*) czterdzieści razy się mieści. Wypadałoby z tego, że obraz wykonano w czterdziestéj części naturalnéj wielkości. Jeżeli się jednak zważy, że stojące w pobliżu obelisku dwie osoby jako na obrazie okazujące się, niewątpliwie także poza tłem się znajdują, — gdyż malarz to tylko przedstawia, co za tłem leży — to stopy tych osób mogą w ostatecznym razie linii podstawowéj dotykać, osoby same zatem stoją w tym wypadku tuż za tłem. Przyjmujemy, że jest tak w istocie. Obie figury widzimy w obrazie niemal po łokieć, t. z. że trzecią mniéj więcéj częścią swéj wysokości w rysunku występują. Wymiar ten u figury niewieściéj wynosi nieco nad 3 *cm*, cała zatem wysokość jéj w obrazie równałaby się około 10 *cm*. Sto-

sunek téj cyfry do naturalnego wymiaru 160 *cm* byłby jak 1 do 16; obie figury, a zatem i cały rysunek wykonano w tym razie w jednéj szesnastéj naturalnéj wielkości. Właściwa linia podstawowa obrazu leżałaby przeto o 7 mniéj więcéj centymetrów poniżéj dolnéj krawędzi rysunku; pas téj szerokości od obrazu niejako odcięto. Tak rozumieć należy każdy portret, w którym figurę ludzką przedstawiono nie w całości, ale np. po piersi lub kolana. — Z wypadkami podobnymi spotkać się można w najznakomitszych obrazach, jak np. w „Hołdzie Pruskim" Matejki.

§. 232. Uwagi nad niekorzystnym wypadkiem rysunku z natury. Niechęć malarzy do konstrukcyj geometrycznych. Ze wszystkich dotychczasowych rozpatrywań wynika, że podstawą rysunku perspektywicznego jest ścisła konstrukcya geometryczna; niemniéj jasną jednak z drugiéj strony jest rzeczą, że konstrukcya sama nie wystarcza, gdyż niejednokrotnie wykazano, iż wypadkom ścisłego kreślenia geometrycznego mimo poprawności teoretycznéj nie można było przyznać wartości ze stanowiska sztuki, jeżeli przy założeniu rysunku nie liczono się z warunkami artystycznymi. Bardzo pouczające są słowa, które Adhémar sprawie téj poświęca. Powiada on na str. 13—16:

„Zanim daléj postąpimy, wypada przynajmniéj chwilę zatrzymać się dla kilku uwag będących bardzo wielkiéj wagi. Nie wystarczy traktować perspektywę jako sprawę geometryczną, należy w istocie i przedewszystkiém zapatrywać się na tę naukę ze stanowiska sztuki tak, że w zastosowaniu jéj do rysunków wypada konstrukcyą cyrklem uważać jako środek, nie zaś jako cel. Samo zastosowanie zasad, choćby w całéj ścisłości, niezawsze tedy prowadzi do zadowalającego wyniku. Jeżeli przedmiot perspektywicznie przedstawiony źle obrano, jeżeli nie wyznaczono należycie miejsca punktu widzenia, efekt ogólny rysunku chybiony.

„Wybór punktu widzenia, wymiar odstępu oka wymagają wielu wiadomości i doświadczenia w perspektywie; malarz rozpatrujący wnętrze pewnego budynku, olśniony okazałością całości i pięknością szczegółów, obiecuje sobie częstokroć z tego obraz bardzo piękny. Po wykonaniu zaś rysunku czuje się w oczekiwaniu srodze zawiedzionym, gdyż przedmioty, które uwagę jego najbardziéj na siebie zwróciły i na których efekt najwięcéj liczył, zostają zakryte przedmiotami mniéj interesującymi lub też przecinają się z brzegami obrazu w sposób oku bardzo niemiły, podczas gdy inne na planach bliższych przedstawiają się w rysunku w śmiesznym nieraz bezkształcie. Szczególnie niekorzystnie przedstawia się sprawa, jeżeli przypatrujący się przedmiotowi większemu zwraca oko na wszystkie strony w celu obejrzenia szczegółów i rysuje na téjsaméj karcie

każdy z nich tak, jak go widzi; nie ma wtedy między nimi należytego związku ani co do formy ani co do wielkości. Wszystkie te szczegóły, połączone w jednym rysunku tworzą niejako tyle rozmaitych obrazów, ile razy zwracano głowę, i sprawiają wrażenie najnieprzyjemniejsze na przypatrującym się, który przecież spogląda na obraz z takiéj odległości, aby całość jego jednym rzutem oka objął.

„Niekorzystne te wyniki, otrzymane zresztą drogą ścisłego rysunku, stały się początkiem pewnego uprzedzenia, na podstawie którego niektórzy artyści sądzą, że nieraz należy rozminąć się z zasadami, których zastosowanie nie zapewnia pożądanego rezultatu. (Uwagi do §§. 131, 160, 177). Stąd owa niechęć, powiedziałbym prawie lekceważenie, jakie wielka część malarzy żywi do konstrukcyi geometrycznéj. Ci, którzy tak sądzą, podobni są człowiekowi, który mając malować piękną kobietę, używa modelu niekształtnego lub mało powabnego a następnie się dziwi, że mimo najskrupulatniejszéj dokładności podczas rysowania otrzymał brzydki obraz. Rzeczą jest jasną, że należałoby sobie samemu tylko przypisać winę dla braku gustu, który wybór przedmiotu spowodował, i że lepiéjby artysta postąpił, starając się o inny model.

„Podobnie ma się rzecz z malarzem krajobrazów. Jeżeli nie potrafi wyszukać okolicy, punktu widzenia, dnia i pory, w któréj efekt oświetlenia jest najpomyślniejszy, — zawsze tylko stworzy obraz niepiękny, chociażby wszystko co widzi, kopiował z najściślejszą precyzyą."

Z przytoczonych ustępów, których dokładne zrozumienie artyście teraz żadnych nie sprawi trudności, widać ponownie związek, jaki między geometrycznymi a artystycznymi momentami zachodzi. Nietrudno mu będzie należycie ocenić doniosłość tak jednych jak drugich i nabrać przekonania, że tylko dzieło takie, które obu tym momentom we właściwéj mierze odpowiada, nazwać będzie można prawdziwém dziełem sztuki.

§. 233. Ostrożności przy wykonywaniu perspektywicznego rysunku. I w téj sprawie bardzo trafne jest zdanie Adhémara. Mówi on na str. 119: „Rzadko kiedy rysuje się perspektywę wprost na obrazie. Dogodniéj jest wykreślić na karcie osobnéj szkic starannie wystudyowany i przenieść go dopiero po dokładném wyznaczeniu linij głównych na płótno, powiększając wymiary stosownie do wielkości obrazu. Tosamo odnosiłoby się i do akwareli, gdyż papiér nadwerężony kreśleniami koniecznymi do otrzymania perspektywy, nie ma już potrzebnéj do wykonania malowidła świeżości. Lepiéj zatem po sporządzeniu zupełnie dokładnego szkicu przenieść go za pomocą kalki na papiér, który późniéj ma być kolorowany."

Na str. 133—136 mówi tensam autor w téj sprawie daléj: „Zastosowanie perspektywy może być dwojakiego rodzaju. Rozchodzić się bowiem może o przedstawienie pewnego istniejącego, powszechnie znanego gmachu lub pomnika, jak przy panoramach, dioramach etc.; nieraz znowu zwłaszcza przy obrazach historycznych przyczynić się może wierne oddanie miejsca, w którém się scena odgrywa, bardzo znacznie do podniesienia wartości kompozycyi. W tym razie potrzeba koniecznie, ażeby artysta postarał się o dokładne geometryczne plany, widoki, przekroje i profile wszystkich części przedmiotu, który zamierza przedstawić. W liczniejszych jednak wypadkach kompozycyj z wyobraźni czerpanych architektura należy niejednokrotnie tylko do akcesoryów obrazu, a w tym razie ułożenie części w perspektywie oddać się mających zależy przedewszystkiém od zamierzonego efektu.

„Dość często wyznaczają artyści, polegając na wprawie oka, m n i é j w i ę c é j tylko pozorne wymiary przedmiotów na rysunku. Stąd pochodzą wadliwości w ustroju obrazu, który przecież jako j e d n ę c a ł o ś ć uważać musimy. Pozorny kształt i wymiar przedmiotów zależy, jak pamiętać powinniśmy, od odległości ich od widza, a wyznaczając mniéj więcéj od oka tylko szerokość schodów, drzwi lub okna, bez postarania się o związek w stosunkach rozmiarowych tych przedmiotów, naraża się artysta na niebezpieczeństwo wprowadzenia kilku punktów widzenia w kompozycyą, z czego wynika, że punkt, z którego obserwator spoglądać powinien na schody, będzie różnym od punktu, z któregoby drzwiom przypatrywać się należało i odwrotnie. Zachodzi tedy istotna potrzeba poddania wszystkich części obrazu jednemu punktowi widzenia, ażeby zachować stosunek rozmiarowy, który istnieć powinien. Najlepszy i w perspektywie skośnéj jedynie do tego nadający się sposób polega na sporządzaniu s z k i c u z dokładnie wypracowanymi głównymi masami architektonicznymi i następném — za pomocą tego szkicu — wykreśleniu całego geometrycznego planu tego przedmiotu, który ma stanowić część składową obrazu, lub co najmniéj najważniejszych jego linij. Z wyznaczonego tak planu dochodzi się następnie do p o p r a w n é j perspektywy na podstawie ścisłéj konstrukcyi.

„Wszystkie te czynności przerażają artystów; przenoszą oni prawie zawsze kreślenia w perspektywie prostéj *), gdyż w tym wypadku wymiary główne są równoległe i prostopadłe do tła, a rysunek z łatwością i bez pomocy geom. planu da się otrzymać. W każdym razie potrzeba w celu nadania poszczególnym częściom obrazu odpowiedniéj a właściwéj im wiel-

*) J. Schreiber podnosi tosamo, ob. §. następujący.

kości wprowadzić wspólną jaką jednostkę mierzenia, a najlepiéj do tego nadaje się wysokość figury ludzkiéj.»

§. 234. W jakich warunkach zalecić perspektywę prostą a w jakich skośną?*) Docierający do kresu perspektywy linijnéj artysta nabył niewątpliwie przekonania, że tensam przedmiot oddany to w perspektywie prostéj, to w skośnéj, w obydwu wypadkach na podstawie ścisłéj konstrukcyi, w odmiennym przecież występuje charakterze. W pierwszym razie istnieją na przedmiocie o formach prostokątnych prócz krawędzi pionowych dwa układy prostych, t. j. jedne poziome, drugie do punktu *A* dążące; w wypadku drugim dążą obydwa układy krawędzi poziomych do punktów zbiegu na horyzoncie. Każdemu z tych dwu wypadków właściwe są pewne zalety artystyczne, które w krótkości rozpatrzyć nie będzie zbytecznėm.

Otóż perspektywy prostéj używali najznakomitsi malarze wieków średnich. Nadaje się ona szczególnie do kompozycyj, w których charakterze przebija powaga i głęboki spokój, cechujące właśnie przeważną ilość dzieł z owych czasów, dzieł przedstawiających najczęściéj tematy religijne lub klasycznéj starożytności. Warunek żądający umieszczenia punktu oka w środku obrazu nadawać musiał owym kompozycyom cechę zupełnéj symetryi, któréj przestrzegano nie tylko ze względu na bogatą nieraz architekturę, lecz rozciągano ją częstokroć także na rozmieszczenie grup występujących. Jako przykłady przytacza się najprzód znany powszechnie obraz Leonarda da Vinci „Ostatnia wieczerza", który w perspektywie prostéj o punkcie oka padającym na samą pierś Zbawiciela wykonany, absolutną ze względu na architekturę symetryą przedstawia; co zaś do symetryi grup, posłużą również powszechnie znane dzieła Rafaela, przedstawiające Świętą Rodzinę. Ścisła w obrazach owych symetrya jest zewnętrznym objawem równowagi zachodzącéj między prawą a lewą połową płótna, a témsamém wywołuje wrażenie głębokiéj powagi i spokoju, jaki tematowi kompozycyi odpowiada.

O ile więc z jednéj strony tematy ówczesnych obrazów koniecznie wymagały wyboru perspektywy prostéj, to z drugiéj strony dodać należy, że wiadomości perspektywiczne owych czasów innego sposobu przedstawiania nie dozwalały. W perspektywie skośnéj bowiem podówczas rysować nie umiano, a jeżeli kiedykolwiek treść obrazu z ową spokojną powagą, która ze zupełnéj symetryczności zawsze uderza, niedobrze się godziła, owszem ruchliwego więcéj wyrazu wymagała, to pominięto owę symetryą przesunięciem punktu oka ze środ-

*) Opiera się w części na Schreibera »Lehrbuch der Perspective« str. 45 i 126—128.

ka obrazu bliżéj ku jednemu z brzegów. Osiągnięto tém wprawdzie cel zamierzony, lecz korzyść ta niezawsze zrównoważyła niewłaściwości wynikające z umieszczenia punktu oka na boku.

Po zapoznaniu się z perspektywą skośną mieli artyści środek niezawodny, za pomocą którego można było nadawać liniom perspektywicznym dowolne do horyzontu nachylenie, nie ruszając mimo to punktu oka ze środka obrazu. Tak unika się nużącéj częstokroć symetryi bez wykroczenia przeciw jednemu z ważnych warunków artystycznych. Każdy obraz zatem, z którego stosownie do jego tematu przemawiać ma n i e spokój i powaga, ale raczéj pewna r u c h l i w o ś ć, wykonać należy w perspektywie skośnéj. Odnosi się to niemniéj do obrazów historycznych, chociażby one treścią swoją bardzo nawet ważne i uroczyste chwile czasów nowszych przedstawiały; jeżeli z występujących na obrazach owych postaci życie i ruch uderzać powinny, to należy i z liniami perspektywicznymi do tego się zastosować, a więc posiłkować się perspektywą skośną. Szczególnie jednak pożądaną jest ona dla malarzy rodzajowych jakoteż pejsażystów, gdyż w tego rodzaju utworach sztuki perspektywa prosta, nie odpowiadająca wcale żywo ruchliwéj treści byłaby czémś wielce nienaturalném. Tu perspektywa skośna staje się niemal konieczną. Mimo to dzieje się często inaczéj, gdyż nawet znakomity malarz krajobrazów Claude Lorrain prawie wyłącznie perspektywą prostą się posługiwał; widać to bardzo wyraźnie po umieszczonych na jego obrazach łukach tryumfalnych, mostach etc. w których sobie bardzo lubował. Przyczyną tego była najoczywiściéj okoliczność, że perspektywą skośną niedość władał. Nielepiéj dzieje się po dziś dzień, gdzie zawsze jeszcze nawet przy oddawaniu najzwyklejszych scen z życia codziennego lub też przedstawianiu pejsażu perspektywy prostéj używają, bezwątpienia nie z innego powodu, jak tylko z tego, że konstrukcye w perspektywie prostéj są łatwiejsze i nie wymagają tak gruntownego obeznania się z przedmiotem. Postępowanie takie szczególnie zganić należy rysownikom widoków architektoniczno-krajobrazowych z natury, jak je w pismach ilustrowanych tak często znaleść można. Wykonane w nich ryciny, przedstawione w perspektywie prostéj wydają się nienaturalnie sztywnymi, często zaś, wykonane w perspektywie w ogóle niemożliwéj, są dosadnym dowodem, że Hogarth karykaturując złego rysownika szkicem, naigrawającym sobie niejako ze wszelkich zasad perspektywy, gdyż ani jednéj na nim kreski poprawnie wykonanéj nie było, niewiele przesadził nie tylko naówczas ale i ze względu na czasy dzisiejsze. Słuszne są też, choć przesadzone może nieco słowa, które Schreiber na str. 128 swego „Lehrbuch der Perspective" wypowiada: „Przeglądając szkice dobrych r y s o w n i k ó w, znajduje się

między dziesięciu z natury rysowanymi widokami dziewięć razy widok skośny, a raz jeden prosty, jak to rzeczą samą się tłómaczy. Rozpatrując się jednak w pracach nowoczesnych malarzy krajobrazów, rodzajowych lub nawet historycznych, spostrzeżemy między stu kompozycyami dziewięćdziesiątdziewięć razy widoki proste.»

XXIX.

Sposób sprawdzania perspektywy na obrazach.

§. 235. Rozpatrzenie i perspektywiczne sprawdzenie „Kopernika" Matejki. Pierwszą przy tego rodzaju badaniu rzeczą jest wyznaczenie horyzontu. Jest to łatwém, jeżeli się zważy, że w nim przecinają się linie poziome, perspektywicznie równoległe i że on stanowi granicę między ziemią a powietrzem. Pierwsza jego własność posłuży do łatwego odszukania go z przedmiotów architektonicznych, druga w krajobrazach. Szczególnie przydatną przy jego wyznaczaniu będzie okoliczność, że wszystkie z góry widziane płaszczyzny poziome leżą pod horyzontem, wszystkie zaś widziane z dołu, powyżéj niego znajdują się (§. 38 fig. 49). Wypada z tego, że w rysunku figury 232, dokładnie obraz oddającéj, horyzont mieścić się musi pomiędzy punktami C i F (w pobliżu prawego brzegu), gdyż z długiéj wyciętéj belki poręczowéj MN, która jest poziomą, widać przy C spód, przy F zaś wierzch pozostałych po wycięciu poziomych części. Kreskowana przez całą szerokość obrazu linia 44 jest tedy horyzontem. Na nim znaczymy wprost punkt oka A jako położony w środku obrazu.

Rozchodzić się teraz będzie o odstęp oka. Szuka się w tym celu gdzieś na obrazie kąta, o którym stanowczo twierdzić można, że przedstawia kąt w naturze prosty. Wierzchołkiem takiego kąta jest z pewnością punkt a, ramionami jego są niewątpliwie linie, wyznaczające w przedłużeniu na ramach obrazu punkty a_1 i a_2. Kąt a_2aa_1 jest zatem perspektywicznie prostym; mamy z niego i danego punktu oka dochodzić odstępu, dla którego kąt ten w istocie dokładnie wrażenie kąta prostego sprawia. Żagadnienie to rozwiązuje wprost §. 196. W myśl tego kreśli się aA, znaczy na niéj punkt $a/_{12}$ i rysuje przezeń dwie linie geometrycznie do aa_1 i aa_2 równoległe. Przetną one horyzont w punktach $z/_{12}{}^{90}$ i $z/_{12}$. Długość $z/_{12}z/_{12}{}^{90}$ jest średnicą koła, które zataczamy. Pionowa z punktu A przecina to koło w punkcie $O/_{12}$; wymiar $AO/_{12}$ jest dwunastą częścią odstępu oka i równa się około 5 *cm*; cały odstęp oka wynosi zatem $12 \times 5 = 60$ *cm*, co w obec szerokości obrazu 28 *cm* jest bardzo dobrym wymiarem.

Dalsze rozpatrywanie rysunku polegać teraz może wyłącznie na sprawdzeniu, czy i inne występujące w obrazie kąty

proste do otrzymanego punktu i odstępu oka stosują się, t. j. czy jedność perspektywiczną na obrazie zachowano.

Zbadajmy w tym celu przedewszystkiém położenie ramion t y c h kątów prostych, które widocznie do ramion kąta a_2aa_1 bieżą równolegle. Do tego wykreślamy przez punkt a linią pionową i znaczymy na niéj podziałkę pomocniczą, dzieląc odległość pomiędzy punktem a a horyzontem na dowolną ilość, np. cztery równe części, i przenosząc je i powyżéj horyzontu aż do punktu 8 jakoteż w razie potrzeby i poniżéj punktu a; na obu brzegach rysunku wykonano podziałki podobne. Za ich pomocą da się teraz położenie równoległych do aa_1 i aa_2 ramion dokładnie sprawdzić. Przekonujemy się, że wszystkie fugi podłogi, jak *cd*, *oi*, *pq*, *lj*.., niemniéj wszystkie stosugi łożyskowe muru po prawéj stronie takiesamo jak ramię aa_2 mają położenie, gdyż linie te wmieszczają się zupełnie dokładnie pomiędzy cyfry podziałki środkowéj i lewego brzegu. Równie poprawnie charakteryzują się w rysunku linie *mn*, *ef*, *kb*, *ru*, jakoteż krawędzie *MN*, *RS*, *BE*, belki poręczowéj jako proste do aa_1 perspekt. równoległe; odpowiadają one dokładnie cyfrom podziałki środkowéj i prawego brzegu. Tosamo położenie jak kąt prosty a_2aa_1 posiadają prócz tego jeszcze skrzyneczka o krawędziach podstawowych *tx* i *xs* jakoteż w jéj pobliżu leżąca na posadzce książka *K*.

Prócz tych inne jeszcze na rysunku występują przedmioty prostokątne, które jednakże położeniem różnią się od kąta prostego a_2aa_1. Najbardziéj uwagę naszę zajmuje tu książka tuż przy prawym brzegu, znakowana literami *cfbg*, któréj nadano kontury proste dla dobitniejszego wykazania sprawy. Widzimy, że krawędź jéj górna *fg* dąży do punktu z', który na horyzoncie w obrębie obrazu mieści się, a to po prawéj stronie punktu *A*. W myśl §^fu^ 37 musi teraz punkt zbiegu drugiego ramienia *fc* wypaść na horyzoncie po lewéj stronie punktu *A* i to w bardzo znacznéj odeń odległości. O wyszukanie kierunku tego ramienia właśnie chodzi.

I tę sprawę przewiduje §. 196. W myśl tego znaczymy na linii *fA* punkt $f/_{12}$ i kreślimy przezeń linią geom. równoległą do fz'. Przecina ona horyzont w punkcie $z'/_{12}$. Łączymy go z punktem $O/_{12}$ i spostrzegamy, że prostopadła do $O/_{12}z'/_{12}$ linia $O/_{12}y$ nie zejdzie się z horyzontem w obrębie obrazu. Szukamy więc na *Af* punktu $f/_{48}$, rysujemy $f/_{48}z'/_{48}//fz'$, kreślimy prostą $z'/_{48}O/_{48}$ i wystawiamy do téj ostatniéj w punkcie $O/_{48}$ linią prostopadłą. Odznaczy ona na horyzoncie punkt $z'/_{48^{90}}$, który w połączeniu z punktem $f/_{48}$ daje kierunek drugiego ramienia szukanego przy *f* kąta prostego. Ponieważ, jak się przekonujemy, krawędź *fc* jest istotnie do linii $z'/_{48^{90}}f/_{48}$ geometrycznie równoległa, przeto mają krawędzie *gf* i *fc* należyte położenie. Co do innych książek przy prawym brzegu łatwo

spostrzéc, że z punktów d, i, k wychodzą krawędzie do A, muszą zatem drugie ramiona być równoległe do horyzontu. W istocie krawędzie dd_1, ii_1, kl położenie takie mają. Te dwie książki przedstawiają się tedy w perspektywie prostéj, niemniéj jednak odpowiadają położeniem swojém warunkowi jedności perspektywicznéj.

Na uwagę zasługują jeszcze krawędzie poziome narożnego filaru z prawego brzegu rysunku, a mianowicie krawędzie rm, mh, hh_1. Widać, że rm dąży do A, hh_1 zaś jest poziome; krawędzie rm i hh_1 tworzą zatem kąt prosty. Wnioskowaćby z tego należało, że krawędź mh ścina róg pod jednakowymi do obu linij rm i hh_1 kątami (jak w umiarowym ośmioboku) i dąży dla tego do punktu odstępu D. Chcąc się o tém przekonać, przenosimy na horyzont długość $AO/_{12}$ trzy razy, przez co przy lewym brzegu powstał punkt $D/_4$. Na linii mA znaczymy teraz punkt $m/_4$ i kreślimy prostą $m/_4D/_4$. Do niéj wypada linia mh istotnie geom. równolegle, dąży zatem mh i wszystkie do niéj równoległe krawędzie do D i ścina naroże we wspomniany powyżéj sposób. Słup ustawiony na płycie $rmhh_1$ ukazuje się znowu w perspektywie prostéj.

Książka B sprawia wrażenie nie poziomego lecz ukośne położenie zajmującego przedmiotu, jest więc widocznie na czémś oparta.

Bardzo ciekawe jeszcze uwagi nastręczają obie w lewéj połowie obrazu w górę strzelające wysmukłe wieżyce w zagłębieniu; obie są jednakowe, pierwsza niecała już na rysunku się mieści. Są one widocznie ośmiościenne, a krawędzie op, tu sobie odpowiadające zmierzają do punktu zbiegu z'' na horyzoncie, do którego dążą także linie łączące dalsze odpowiadające sobie wierzchołki obu wieżyc, t. j. linie ms i nr. Ponieważ punkt ten z'' leży po lewéj stronie punktu A, a odległość $z''A$ mniejszą jest od odległości $z'A$, którą punkt zbiegu krawędzi fg (książki przy prawym brzegu) od punktu A posiadał, przeto mają krawędzie mn, rs, zamykające z liniami op, tu kąty proste, swój punkt zbiegu po prawéj stronie punktu A i to we większéj jeszcze odległości, niż punkt zbiegu krawędzi fc wspomnianéj książki. Moglibyśmy tedy kierunek krawędzi mn sprawdzić taksamo, jak powyżéj kierunek fc. Z uwidocznionéj linii nmx okazuje się już wprost należyte jéj położenie, gdyż przecina ona horyzont po prawéj stronie punktu A i to w bardzo znacznéj odległości.

Jakżeżby sprawdzić jeszcze położenie krawędzi mo i st obu wieżyc?

Krawędzie te jako boki umiarowego ośmioboku zamykają z omówionymi poprzednio kierunkami kąt 45^0 i dążyć zatem powinny do punktu zbiegu, znakowanego symbolem z''_{45} (§§. 38 i 187). Aby się o tém przekonać, wyznaczymy najpierw przez

wykreślenie obok linii $z''/_8 O/_8$ kąta o 45 stopniach — punkt $z''/_{845}$ a z niego punkt $z''/_{445}$. ($Az''/_{445} = 2 \times Az''/_{845}$). Następnie szukamy, jak zawsze, na linii mA punktu $m/_4$ i kreślimy prostą $m/_4 z''/_{445}$. Geometrycznie równoległą do niéj okazuje się krawędź *mo* wieżycy, ma przeto takowa należyte, jedności perspektywicznéj odpowiadające położenie. Podobnie sprawdzono kierunek *st* wieżycy drugiéj *).

Na wzmiankę zasługują nadto narysowane na tablicy koła o wspólnym środku, które w rysunku jako takie się przedstawiają. Nie może to być inaczéj, gdyż tablica ta, jak górna pozioma jéj krawędź wskazuje, jest równoległą do tła, koła te występują zatem w widoku prostym (§. 122) a więc kontury ich i w rysunku muszą być kołowe.

Cenną okoliczność podnieść jeszcze w końcu należy, mianowicie położenie horyzontu w obec występujących w głębi domów miasta. Widać że horyzont przechodzi powyżéj szczytów dachowych, a więc wysokość jego nad poziomem placów miejskich jest niezmiernie wielka. Jest to zupełnie uzasadnione, jeżeli się zważy, że poziom obserwatoryum astronomicznego, które rysunek przedstawia, znajduje się przecież w znacznéj nad poziomem placów i ulic miasta wysokości.

Z przedstawienia całéj sprawy wynika, że szczegółowo rozpatrywany rysunek, mianowicie ze względu na przedmioty, w których kreślenie perspektywiczne dokładnie da się sprawdzić, odpowiada ze wszechmiar wymaganiom tak teoretycznie konstrukcyjnym jak i artystycznym i posłużyć może za wymowny dowód wypowiedzianego w §. 232 twierdzenia, że tylko dzieło takie, które obu tym momentom we właściwéj mierze zadośćczyni, nazwać można prawdziwém dziełem sztuki.

XXX.

DODATEK.

Przypiski historyczne.

Do §. 1. Usiłujący odwzorować przedmioty świata widomego człowiek wnet spostrzéc musiał, że wzrok rozlicznym ulega złudzeniom. Ze wszystkich do tego odnoszących się spostrzeżeń powstała nauka, którą Rzymianie nazwali perspektywą, od łacińskiego słowa »perspicere«, znaczącego tyle co »dobrze, wyraźnie widzieć«. Z tego definiowano w starożytnosci perspektywę jako naukę (sztukę) dobrego dostrzegania (ars bene videndi). (Poudra »Histoire de la Perspective« Paris 1864 str. 1).

Do §. 2. Już w pierwszéj księdze, zawierającéj wszystkie podówczas znane prawa geometryczne i optyczne, t. j. w dziele greckiego geometry Euklida (około 300 lat przed Chr.) znachodzimy między pewnikami, które do uzasadnienia zawartych tam twierdzeń służą, także następujące: »Pro-

*) W podobny sposób sprawdza się i rysunek perspektywiczny zdjęty z natury. Z jednego kąta prostego i leżącego we środku rysunku punktu *A* szuka się konstrukcyjnie odstępu oka i bada następnie, czy inne występujące kąty proste do tego się stosują.

mienie widzenia, wychodzące z oka (p. uwagę) dążą w linii prostéj, jakakolwiekbądź byłaby odległość. Przedmioty widziane pod większym kątem widzenia wydają się większe, pod mniejszym zaś mniejsze itd.«

Uwaga. Co do istoty widzenia był Euklid i inni uczeni za pojęciem Platona (400 przed Chr.), który twierdził, że widzenie odbywa się za pomocą promieni skierowanych od oka wedle upodobania do otaczających przedmiotów, podczas gdy inni filozofowie byli zdania Pytagorasa (540 przed Chr.), »że światło od przedmiotów samych wychodzące widzenie umożebnia«.

Do §. 3. Pietro della Francesca dal Borgo (1458) miał pierwszy w ten sposób otrzymać obraz perspektywiczny danego przedmiotu. Dotyczące pisma Pietra, ojca perspektywy, nie doszły czasów naszych. Według jego zasady złożył Albrecht Dürer (1471—1528) przyrząd w §. 3 opisany (p. uwagę).

Uwaga. W naszych czasach dokładają starań do budowania przyrządów, któreby otrzymanie perspektywy z rysunku geometrycznego drogą mechaniczną umożebniły. Tak opisano w »Deutsche Bauzeitung« z 14 maja 1884 przyrząd Rittera, którym otrzymać można perspektywiczny obraz, jeżeli się końcem metalowego na przyrządzie umieszczonego grafionu obwiedzie zarys planu geometrycznego. Architektom przyrząd ten może i odda pewne usługi, malarzom nigdy.

Do §§. 5, 6, 7. Najdawniejszy ślad pojęcia o zbieganiu się perspektyw linij równoległych, a więc i o punkcie zbiegu, znachodzimy między twierdzeniami w wyż wspomnianém dziele Euklida. Twierdzenie to brzmi: »Odległości między dwiema liniami równoległymi wydają się nierówne, a proste jako zbiegające się«.

Do §§. 8 i 10. Viator w książce drukowanéj pierwszy raz w r. 1505 wspomina już nazwy linii podstawowéj i horyzontu. Pojęcie zaś punktu ocznego *A*, zwanego wówczas jak czasami i dziś jeszcze punktem centralnym lub punktem celnym (Cuny »Zasady perspektywy linijnéj« Warszawa 1873), jakoteż odkrycie obu punktów odstępu i ich własności, o których Viator także mówi, należy według wielu zdań prawdopodobnie przypisać dawniejszym od Viatora a spółczesnym sobie autorom, t. j. wspomnianemu już wyżéj Pietrowi della Francesca lub też Baltazarowi Peruzzi di Siena.

Do §. 12. Cousin w perspektywie swojéj (1560) do kreśleń perspektywicznych używa już punktów zbiegu i to dla prostych poziomych o dowolném do tła nachyleniu.

Do §§. 14 i 15. Daniel Barbaro (1559) wspomina o punktach zbiegu prostych prostopadłych do tła jakoteż nachylonych do niego pod kątem 45 stopni.

Do §. 16. W jednym specyalnym wypadku proste takie z punktami zbiegu na pionie przedstawił Vignola 1507—1573.

Do §§. 19, 20, 21. Najbardziéj do rozwinięcia nauki przyczynił się Guido Ubaldi. Książka jego wyszła w r. 1600. Jemu zawdzięczamy zupełną teoryą prostych równoległych w perspektywie, i to nie tylko poziomych lecz i ukośnych względem podstawy jakoteż do tła równoległych. On prócz dokładnego pojęcia podał i nazwę punktu zbiegu, który w texcie łacińskim zowie »punctum concursus« (Poudra str. 186). On pierwszy wyznacza perspektywę prostéj śladem jéj tłowym i punktem zbiegu (§. 5) a sposób, w jaki do tego ostatniego dochodzi, jest w zasadzie tensam, który w §. 5 wyłożono. Nadto podaje Ubaldi 23 rozwiązań następującego zagadnienia: »Dana jest na pł. podstawowéj figura prostokreślna, jakoteż miejsce (odstęp i wysokość) oka, wyznaczyć perspektywę téj figury«. Jakkolwiek niewszystkie te sposoby są równie ważne i dogodne, dają atoli miarę pomysłowości autora i gruntownych jego w przedmiocie studyów.

Do §. 23. Stevin (około 1606) mówi wyraźnie, że perspektywy figur równoległych do tła są figurami do figur w przestrzeni podobnymi. On pierwszy uskutecznił obrót oka około horyzontu *HH* na tło (§. 10).

Do §. 28. Zadanie wykreślenia prostéj, zamykającéj z daną prostą pewien kąt, rozwiązał pierwszy wspomniany powyżéj Guido Ubaldi.

Do §§. 29, 30, 31, 32, 33. Rozwiązanie zagadnień w tych §§. polega wprost na zastosowaniu metod Guidona Ubaldiego.

Do §. 41. Ubaldi już podzielił pł. podstawową na takie prostokąty; od niego przeto datują się perspektywiczne skale.

Do §. 43. Désargues w drukowaném r. 1636 w Paryżu dziele uczy rysunku przedmiotów danych w perspektywie bez pomocy punktów poza ramy obrazu wypadających i używa skal szerokości w pewném zagłębieniu.

Do §. 58 i 59. Zasadę tego postępowania tłómaczy Pietro della Francesca lub też może Baltazar Peruzzi (ob. przypisek do §§. 8 i 10). Zastosował ją także Guido Ubaldi w 15tém z wymienionych 23 rozwiązań wspomnianego powyżéj zagadnienia.

Do §. 60 i 61. Désargues sposoby te podał i rysował za ich pomocą perspektywy wszystkich figur, nie wychodząc konstrukcyami poza ramy obrazu.

Do §. 63. Perspektywę prostą kostki rysował Vignola i podniósł rzecz podówczas nową, mianowicie, że przekątne bocznych ścian pionowych mają punkty zbiegu w punktach linii pionu, które od punktu oka posiadają odległość równającą się odstępowi oka (ob. przyp. do §. 16).

Do §. 88. Użycie części odstępu oka wprowadza pierwszy Accolti; książka jego drukowana we Florencyi 1625.

Do §. 112. Sposobu użycia pomocniczego planu podstawowego uczy Viator 1505.

Do §. 122. Warunek, pod jakim perspektywa koła znowu jest kołem, podał Stevin 1606.

Do §. 123a. Tego sposobu używa Aquiloni 1612.

Do §§. 125, 126, 127, 128. Sposobami tymi posługują się dzisiaj.

Do §. 129. Sposób ten podać miał Serlio 1545.

Do §. 130. Federic Commandin wykazał r. 1558 dokładnie warunki, pod jakimi perspektywa koła może się jako parabola lub hiperbola przedstawić.

Do §. 159. Sposób rysowania perspektywy kuli, jakkolwiek w innéj wysoce teoretycznéj formie podał Gravesande 1711.

Do §. 176. Dechales 1674 wypowiada twierdzenie: »Perspektywa linii prostéj nie może sięgać aż do jéj punktu zbiegu, może się tylko coraz bardziéj do niego zbliżać«.

Do §. 177. Vavlezard (Paryż 1630) omawia dość szczegółowo sprawę perspektywicznéj jedności, rozpatrując zagadnienia następujące: »Z danych kilku rozmaitych perspektyw sporządzić jednę, w którąby tamte jako części wchodziły« — »z danéj perspektywy wyprowadzić inną, któraby posiadała różną od poprzedniéj wysokość oka«.

Do §§. 181 i 182. Zasady tego postępowania podali Alleaume i Migon (Paryż 1643).

Do §. 217. Sposobu rysowania pierścienia uczy Battaz 1644.

Przypiski powyższe wymieniają tylko daty chronologiczne, które się do powstania poszczególnych w niniejszéj pracy zastosowanych konstrukcyj lub pojęć odnoszą; o systematyczny przegląd dziejów perspektywy nie chodziło. Tém się tłómaczy pominięcie nazwiska niejednego z autorów, których pomysły i metody, jakkolwiek do rozwoju nauki niemało przyczyniły się, ze względu na swą istotę nie mogły stanowić przedmiotu rozpatrywania w książce, będącéj podręcznikiem dla artystów. Tak np. należałoby z teoretyków-geometrów 17 i 18-stulecia prócz Désargues'a (ob. przyp. do §§. 43, 60, 61) wymienić jeszcze głównie Brook Taylor'a (1715) a przedewszystkiém Lamberta. Książkę jego, wydaną w Zurychu 1759 w języku niemieckim, pod tytułem: »Freie Perspective; Anweisung jeden perspectivischen Aufriss von freien Stücken ohne Grundriss zu verfertigen« powitano w kołach artystycznych z wielkim entuzyazmem, gdyż tytuł obiecywał znaczne ułatwienia. Rozczarowano się jednak bardzo — rozległych bowiem potrzeba było do jéj zrozumienia wiadomości matematycznych.

Pisarzy nowszych tu nie przytacza się; długi ich szereg obejmuje przedmowa jako autorów, którzy na pracę tę wpłynęli, a zachodzące niejednokrotnie między zdaniem ich a jéj zapatrywaniami różnice w dotyczących miejscach wytknięto i uzasadniono.

WYKAZ RZECZY.

DZIAŁ PIERWSZY.

PERSPEKTYWA PROSTA.

Rozdział pierwszy.

Sprawy teoretyczne i zastosowania ich ogólne. Przykłady w płaszczyźnie.

I. Pojęcia zasadnicze §. 1—7. Pojęcie i podział perspektywy 1. Promień i kąt widzenia 1. Sporządzenie rysunku perspektywicznego sposobem mechanicznym 3. Punkt i linia prosta na tle położone 4. Perspektywa linii prostéj. Ślad tłowy, punkt i promień zbiegu 5. Oznaczenie kierunku i położenia prostéj w przestrzeni z danych na tle punktów l_t i l_z i znanego położenia oka 6. Linie proste równoległe 6.

II. Układ punktów, linij i płaszczyzn perspektywy §. 8—10. Pojęcia i definicye 7. Wynik rozpatrywania się w rysunku figury 10éj 8. Uzmysłowienie przestrzennego układu (§. 8) na jednéj płaszczyźnie 8.

III. Rozmaite położenia linij prostych §. 11—25. Linie ukośne względem płaszczyzny podstawy 10. Linie proste równoległe do płaszczyzny podstawy czyli poziome, a ukośne do tła 11. Proste poziome położone na płaszczyźnie podstawy 11. Proste poziome prostopadłe do tła 12. Proste poziome nachylone do tła pod kątem 45 stopni 13. Proste równoległe do płaszczyzny pionu V 13. Proste na płaszczyźnie pionu zamykające z poziomem dany kąt 14. Uwidocznienie wyjaśnionych w §§. 11—16 teoretycznych spraw na przykładach praktycznych 15. Linie proste równoległe do tła, a pionowe, t. j. prostopadłe do podstawy 16. Proste równoległe do tła i do podstawy 17. Proste równoległe do tła a ukośne względem podstawy 18. Równoległość geometryczna i perspektywiczna 18. Figury równoległe do tła 19. Uwidocznienie wyjaśnionych w §§. 19—23 teoretycznych spraw na przykładach praktycznych 20. Zagadnienia 21.

IV. Figury i kąty §. 26—39. Równoległobok i prostokąt; ich kąty i boki. Geometryczna i perspektywiczna równość 22. Rzeczywista wiel-

kość perspektywicznie danego kąta 23. Zadanie odwrotne §fu poprzedzającego 25. Równoległobok geometryczny podobny do perspektywicznie danego 25. Czworobok geometryczny, podobny do danego perspektywicznie, o formie dowolnéj 26. Zadanie odwrotne §fu poprzedzającego 27. Kąt prosty 27. Perspektywiczne przepołowienie kąta prostego 28. Rozpoznanie zasadniczéj różnicy między perspektywami równoległoboku i prostokąta 28. Perspektywicznie dany kąt przedstawia perspektywę kąta prostego, rozwartego lub ostrego, zależy to od wymiaru odstępu oka 29. Każdy kąt na tle perspektywicznie dany może być kątem perspektywicznie prostym 30. Kąt prosty w perspektywie prostéj i skośnéj 31. Kwadrat 32. Perspektywa prosta i skośna przedmiotów w ogólności 33.

V. Perspektywiczne mierzenie odcinków linij prostych. (Perspektywiczne skale) §. 40—64. *A. Perspektywiczne szerokości. (Skale szerokości) §. 40—45.* Rzeczywista wielkość prostych na tle i równolegle doń położonych 35. Kierunek perspektywicznéj szerokości i głębokości. Zagłębienie punktu i linii 36. Prawo perspektywicznéj szerokości odcinków jednako zagłębionych. Zastosowanie jego. Długość odcinku perspektywicznego zmierzona w pewnéj głębokości 36. Zastosowanie skali szerokości w razie ujętéj w ramy płaszczyzny obrazu, poza którymi rysować nie można 37. Zagadnienia 38. Każdy punkt horyzontu da się użyć do wyznaczenia rzeczywistéj długości danego w zagłębieniu odcinku o kierunku perspektywicznéj szerokości 39. *B. Perspektywiczne wysokości. (Skale wysokości) §. 46—51.* Streszczenie §§. 40, 41, 42 jako dosłownie stosujących się także do skal wysokości 40. Zagadnienia 41. Każdy punkt horyzontu da się użyć do wyznaczania rzeczywistéj długości danego w zagłębieniu odcinku o kierunku perspektywicznéj wysokości 42. Zastosowanie zasady poprzedzającego §fu do przykładu praktycznego 42. Odcięcie danéj wysokości począwszy od punktu nad płaszczyzną podstawy położonego 43. Równe odcinki w jednakowém zagłębieniu są w perspektywie równe wielkością, bez względu, czy mają kierunek szerokości czy wysokości. Zastosowania 43. *C. Stosowanie teoryj perspektywicznych szerokości i wysokości do praktycznych przykładów §. 52—57.* Rysunkowe przeniesienie danych, na płaszczyźnie podstawy stojących przedmiotów w dowolne zagłębienie. Przykład pierwszy 44. Przykład drugi 45. Wyznaczenie rzeczywistych wymiarów przedmiotów umieszczonych ponad płaszczyzną podstawową 46. Zadanie odwrotne poprzedzającego §fu 47. Rysunkowe przeniesienie danych, na płaszczyźnie podstawy stojących przedmiotów w dowolne zagłębienie i umieszczenie ich na wyższych lub niższych od pł. podstawy poziomach. Przykład pierwszy 47. Przykład drugi zastosowany do figur ludzkich 48. *D) Perspektywiczne zagłębienia. (Skale głębokości) §. 58—64.* Prawdziwa długość odcinku położonego na podstawie a do tła prostopadłego 49. Zadanie odwrotne §fu poprzedzającego 50. Skala głębokości lub zagłębienia. Zagadnienie 51. Rozwinięcie skali głębokości i środki do tego służące 51. Zastosowania 52. Kostka 52. Ściany kostki; sposoby, jakimi jedna w położenie innych przechodzić może 53.

VI. Perspektywiczne dzielenie linij prostych §. 65—71. Podzielenie danego odcinku poziomego na części perspektywicznie równe 54. Poprawny podział odcinków w pobliżu horyzontu znajdujących się 55. Geometryczne podzielenie danego odcinku w pewnym stosunku 56. Metoda poprzedzającego §fu zastosowana perspektywicznie w trzech praktycznych przykładach 56. Uproszczenie 57. Perspektywiczne przepołowienie danego odcinku poziomego bez pomocy cyrkla 57. Sposób dogodnego przenoszenia prostokąta pionowego w dalsze zagłębienia 58.

VII. Cztery przykłady praktyczne do ćwiczenia §. 72—76. Uwagi ogólne 58. Przykład pierwszy 59. Przykład drugi 60. Przykład trzeci 61. Przykład czwarty 61.

VIII. Momenta artystyczne §. 77—87. Temat figur porównać się mających 63. Położenie punktu oka 63. Wielkość odstępu oka 64. Wysokość oka czyli horyzontu 64. Zasady poprzedzających §§. wysnute sposobem ogólniejszym 65. Położenie punktu oka 66. Wielkość odstępu oka 66. Naukowe uzasadnienie wyniku obu poprzedzających §§. 67. Zestawienie wysnutych w §§. 82, 83, 84 zasad 68. Zastosowanie zasady co do odstępu oka dla obrazów bardzo małych 69. Wysokość oka czyli horyzontu 70.

IX. Użycie części odstępu oka i praktyczne ich zastosowania §. 88—93. Zastąpienie punktów odstępu D i D_1 punktami częściowego odstępu 70. Zagadnienia 72. Zastosowania praktyczne. Przykład pierwszy 73. Przykład drugi 74. Przykład trzeci 75. Przykład czwarty 75.

X. Dodatek §. 94 i 95. Prawo matematyczne skal głębokości i zbiegu 76. Rozłożenie płaszczyzny podstawy na pasy o szerokości równającéj się odstępowi oka a kierunku równoległym do tła 79.

Rozdział drugi.

Przedmioty bryłowe o kształtach graniastych.

XI. Schody §. 96—104. Schody o czterech stopniach, prowadzące do drzwi, które się w głąb otwierają 81. Schody poprzedniego §fu w inném położeniu 83. Bezpośrednie wyznaczenie linij spadu 84. Schody między szaragami (wangami) 86. Schody poprzedzającego §fu w inném położeniu 87. Schody prostokątnie w planie załamujące się 89. Schody podobne do przykładu §fu poprzedzającego 90. Schody z podestami 93. Jeszcze dwa przykłady. Uwagi artystyczne 94.

XII. Kilka form innych §. 105—113. Umiarowy ośmio- i sześciobok. Zastosowanie 95. Przejście formy kwadratowéj w ośmiokątną. Przykład pierwszy 96. Przykład drugi 97. Przykład trzeci 98. Przejście formy trójkątnéj w sześcioboczną 99. Otwór ośmiokątny w powale i pionowéj ścianie sali 100. Przykłady ogólniejsze o formach zawilszych. Przykład pierwszy 101. Przykład drugi. Użycie pomocniczego planu perspektywicznego 103. Przykład trzeci 106.

XIII. Dachy §. 114—121. Zasadnicza forma dachu siodłowego ze szczytami i bez szczytów 107. Dach siodłowy ze szczytami 108. Dach siodłowy bez szczytów 109. Dach strzelisty (ostrosłupowy) 110. Kombinacye form dachowych. Przykład pierwszy 111. Przykład drugi 111. Przykład trzeci 112. Przykład czwarty 112.

Rozdział trzeci.

Przedmioty bryłowe o kształtach okrągłych.

XIV. Wykreślenie obwodu perspektywicznego koła. §. 122—138. Koło w płaszczyźnie równoległéj do tła. (Widok jego prosty) 114. Koło w płaszczyźnie pozioméj. Wyznaczenie czterech punktów na bokach kwadratu i ich stycznych 114. Wyznaczenie dalszych czterech punktów (na przekątnych) i ich stycznych 116. Otrzymane powyżéj punkty i styczne uzyskuje się inaczéj 117. Możebność uproszczenia konstrukcyi 118. Uproszczenie konstrukcyi w wypadkach specyalnych. Sposób pierwszy 118. Sposób drugi. (Bez pomocy geometrycznego koła) 119. Sposób trzeci. (Najdogodniejszy dla kół większych) 120. Wpisanie koła w perspektywiczny dwunastobok 121. Wy-

znaczenie szesnastu punktów obwodu koła 122. Teoretyczny kształt perspektywicznego koła 123. Do wykreślonéj elipsy potrzeba często wyznaczyć pionową styczną 124. Geometryczne wykreślenie obwodu elipsy i pionowych jéj stycznych 124. Zastosowanie powyższego wykreślenia w perspektywie 125. Teoretycznie dokładne wykreślenie powyższego zagadnienia 126. Dzielenie koła 127. Koła spółśrodkowe 127. Koła w płaszczyznach pionowych. Wywód ogólny 127. Sposób pierwszy, drugi, trzeci 128.

XV. Zastosowania praktyczne §. 139—144. Drzwi o dwu skrzydłach w jakiémkolwiek położeniu podczas otwarcia 130. Przykład praktyczny wykazujący koła w rozmaitych położeniach. Ogólny opis 130. Otwór cysterny 131. Framugi w ścianie z prawéj strony 132. Framuga w głębi 133. Koło sprychowe obok ściany lewéj 134.

XVI. Sklepienia §. 145—165. *A. Sklepienia obłe (beczułkowe) §. 145—147.* Sklepienie obłe okrągłe jakoteż gotyckie 136. Sklepienie obłe okrągłe z podłęczami 137. Sklepienie obłe gotyckie z podłęczami 139. *B. Sklepienia krzyżowe §. 148—152.* Rozpatrywanie ich zasady 140. Zastosowanie zasady poprzedzającego §fu. Przykład pierwszy, drugi 142. Korytarz nakryty rzymskimi sklepieniami krzyżowymi bez podłęczy 143. Korytarz nakryty rzymskimi sklepieniami krzyżowymi z podłęczami 146. Sklepienie krzyżowe gotyckie 149. *C. Sklepienia gwiazdowe §. 153 i 154.* Forma ich teoretyczna 154. Kształt sklepień gwiazdowych rzeczywisty 157. *D. Sklepienia źwierciadłowe §. 155.* Skombinowanie sklepień klasztornych z zasklepieniem płaskiém 158. *E. Sklepienia z lunetami §. 156 i 157.* Lunety ostre 161. Lunety okrągłe 164. *F. Sklepienia kuliste §. 158—165.* Perspektywa kuli jest w ogóle elipsą 167. Wykreślenie konturu perspektywicznéj kuli 167. Kilka uwag natury artystycznéj 169. Podział powierzchni kuli południkami i równoleżnikami 171. Sklepienie kuliste. Opis ogólny 172. Beczułka z kasetonami 173. Podniebienie bani 175. Wnęka w głębi 177.

XVII. Gzymsy §. 166—174. Gzymsy o krawędziach prostopadłych do tła: *a*) renesansowy, *b*) gotycki, *c*) z ząbkami 178. Gzymsy o krawędziach równoległych do tła: *a*) o profilu prostokreślnym, *b*) o profilu krzywolinijnym 179. Gzyms z krokstynami 181. Przygotowanie konstrukcyi gzymsów w poziomie załamujących się. Przykład pierwszy. Słup podparty profilowanymi zastrzałami 182. Przykład drugi. Wiązanie słupa pionowego z belką poziomą profilowanymi mieczami 184. Przykłady kreślenia gzymsów właściwych. Przykład pierwszy. Gzyms dolny (cokoł) gotycki 185. Przykład drugi. Gzyms górny gotycki 187. Przykład trzeci. Cokoł renesansowy 189. Przykład czwarty. Górny gzyms renesansowy 190.

XVIII. Momenta artystyczne §. 175—180. Wysokość horyzontu na obrazie 192. Horyzont w krajobrazach 196. Perspektywiczna jednośċ 198. Wyjaśnienie jednéj jeszcze sprawy, która zwłaszcza rozpatrującym się dopiero w nauce perspektywy sprawićby mogła pewną trudność 202. Ocenienie definicyj »perspektywy«. Nieco o złudzeniu wynikającém z perspektywicznego rysunku 203. Ocenienie stosunku rozmiarów na obrazie względem natury 205.

DZIAŁ DRUGI.

PERSPEKTYWA SKOŚNA.

Rozdział czwarty.

Teoretyczne zasady i zastosowania ich do rozmaicie ukształtowanych przedmiotów.

XIX. Sprawy teoretyczne z uwzględnieniem całkowitego odstępu oka §. 181—188. Kąt prosty w perspektywie skośnéj. Wyznaczenie prawdziwéj wielkości danego perspektywicznego odcinku. Punkt dzielenia 207. Zagadnienie odwrotne §fu poprzedzającego 209. Perspektywiczne podzielenie danéj długości 210. Perspektywa prosta jest szczegółowym wypadkiem perspektywy skośnéj 210. Skala zbiegu i dowolne jéj rozwinięcie. Zagadnienie 211. Zagadnienia 211. Kwadrat 212. Kostka 212.

XX. Przykłady praktyczne §. 189—192. *A. Posadzki na płaszczyźnie podstawowéj §. 189 i 190.* Przykład pierwszy 214. Przykład drugi 215. *B. Przedmioty bryłowe §. 191 i 192.* Rysunku dokonano bez pośrednictwa perspektywicznego planu pomocniczego 217. Rysunku dokonano za pośrednictwem perspektywicznego planu pomocniczego 219.

XXI. Sprawy teoretyczne z uwzględnieniem części odstępu oka §. 193—199. Punkty zbiegu z i z_{90} w obrębie ram obrazu nie mieszczą się. Zastąpienie ich częściowymi punktami zbiegu 220. Pośrednie wyznaczenie punktów dzielenia za pomocą częściowych punktów dzielenia 222. Ćwiczenia w zastosowywaniu poznanych zasad 223. Czy i pod jakimi warunkami zamknięty w fig. 204 między linjami bx i by kąt może być perspektywicznie prosty, jeżeli punkt A jest znany 225. Wyznaczenie na liniach poziomych odcinków perspektywicznych i z pominięciem punktów T i T_{90} 227. Wyznaczanie perspektywicznych odcinków za pomocą częściowych punktów dzielenia 228. Ćwiczenia w wyłożonéj co dopiero sprawie 230.

XXII. Przykłady praktyczne §. 200—205. Perspektywiczny graniastosłup o kwadratowéj podstawie: *a)* Wykreślenie bez pośrednictwa pomocniczego planu, *b)* za pośrednictwem takowego 232. Parkiet znany z fig. 97 232. Koła poziome 233. Konstrukcya poprzedniego §fu z uwzględnieniem należytego odstępu oka 234. Koła pionowe 235. Jeszcze jeden w praktyce szczególnie dogodny sposób kreślenia linij dążących do oddalonych punktów zbiegu 235.

Rozdział piąty.

Schody, gzymsy, słupy i naczynia okrągłe, sklepienia.

XXIII. Schody §. 206—209. Schody kilkakrotnie pod kątem prostym załamujące się 239. Schody częściowo okrągłe 242. Schody kręcone 245. Schody kręcone z poręczami 249.

XXIV. Gzymsy §. 210—213. Dolny gzyms (cokoł) renesansowy 251. Renesansowy gzyms górny 253. Gzyms renesansowy z kroksztynami 254. Szczyty umieszczone nad filarami 257.

XXV. Profilowane łuki §. 214—216. Łuk okrągły 258. Łuk gotycki 262. Gzyms na budowach gotyckich powyżéj drzwi i poniżéj okien umieszczany 266.

XXVI. Słupy i naczynia okrągłe §. 217—219. Baza słupa 267. Kapitel słupa 268. Okrągłe formy ogólniejsze 269.

XXVII. Sklepienia §. 220—229. *A. Sklepienie klasztorne z lunetami §. 220.* Sklepienie źwierciadłowe 270. *B. Sklepienia krzyżowe §. 221—227.* Uwagi ogólne względem więcéj lub mniéj korzystnego wrażenia wywartego obrazem 272. Sklepienie krzyżowe rzymskie z podłęczami. Sposób zapewniający rysunek najkorzystniejszy 274. Rysowanie planu perspektywicznego 277. Inny sposób wyznaczania punktu w planie perspektywicznym 278. Kreślenie właściwego sklepienia 279. Sklepienie krzyżowe nad umiarowym sześciobokiem. Rozpatrywanie rysunku geometrycznego 283. Rozpatrywanie rysunku perspektywicznego 284 *C. Sklepienie kuliste §. 228.* Rozpatrywanie rysunku geometrycznego 288. Rozpatrywanie rysunku perspektywicznego 290.

XXVIII. Momenta artystyczne §. 230—234. Nieco jeszcze o perspektywicznéj jedności. 291. Z obrazu odcina się częstokroć pas z dołu 293. Uwagi nad niekorzystnym wypadkiem rysunku z natury. Niechęć malarzy do konstrukcyi geometrycznych 294. Ostrożności przy wykonywaniu perspektywicznego rysunku 295. W jakich warunkach zalecić perspektywę prostą a w jakich skośną 297.

XXIX. Sposób sprawdzania perspektywy na obrazach §. 235. Rozpatrzenie i perspektywiczne sprawdzenie »Kopernika« Matejki 299.

XXX. Dodatek. Przypiski historyczne 302.

WAŻNIEJSZE MYŁKI DRUKU.

Str.	79	wiersz	7 z góry	zamiast	Eg i kN	ma być:	$E,g,i,k...N$
„	153	„	17 „	„	żebra	„	drutu
„	172	„	8 „	„	środek jego *o*	„	środek boku jego HL t. j. punkt *o*

„ 196 „ 29 „ „ w »Hołdzie Pruskim« w około dwóch trzecich ma być: w »Hołdzie Pruskim« w około dwóch piątych, w »Sobieskim pod Wiedniem« w około dwóch trzecich.